สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากน้ำผลไม้

T 058544

นางสาวนภารัตน์ กองเดช
นายวสันต์ หุตะประพิน

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....58544
วัน,เดือน,ปี.....25 มี.ค. 2549
.b.....
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shelf-Life Extension of Oyster Mushroom by Application of Hydrogen Peroxide and Browning Inhibitors from Fruit Juice

Miss Naparat Gongtoey

Mr. Wason Hutaprapin

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานพิเศษ	การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากน้ำผลไม้
นักศึกษา	นางสาวนภารัตน์ กองเตย
	นายวสันต์ หุตะประพิน
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ลินจง สุขลำภู

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ.สุขใจ ชูจันทร์	
กรรมการ ผศ.ลินจง สุขลำภู	
กรรมการ ผศ.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์	

(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากน้ำผลไม้

นักศึกษา นางสาวนภารัตน์ กองเตย

นายวสันต์ หุตะประพิน

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

ปีการศึกษา 2546

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ลินจง สุขลำภู

บทคัดย่อ

ในการศึกษาผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากน้ำผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมสด โดยนำดอกเห็ดมาชุบในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 3 และ 6 เป็นเวลา 0, 15 และ 30 วินาทีแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 15 วินาที เกิดบาดแผลเนื่องจากแบคทีเรียน้อยมากและมีลักษณะปรากฏดีที่สุด และได้ทำการทดลองเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสีในเห็ดนางรมสดโดยนำดอกเห็ดมาชุบในน้ำผลไม้ (น้ำมะนาวและน้ำสับปะรด) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เป็นเวลา 10 วินาทีแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าเห็ดที่ชุบน้ำสับปะรดมีค่า L^* สูงกว่า แสดงถึงความขาวกว่าและมีลักษณะปรากฏดีกว่าเห็ดที่ชุบน้ำมะนาว และเมื่อชุบดอกเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 15 วินาที ตามด้วยน้ำสับปะรดเป็นเวลา 10 วินาทีแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการเกิดจุดสีน้ำตาลและเกิดบาดแผลเนื่องจากแบคทีเรียน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subject Project Title Shelf-Life Extension of Oyster Mushroom by Application of Hydrogen Peroxide and Browning Inhibitors from Fruit Juice

Name Miss Naparat Gongtoey
Mr. Wason Hutaprapin

Department Applied Biology Faculty of Science

Program Biotechnology

Acedemic Year 2003

Special Project Advisor Assist. Prof. Linchong Suklampoo

Abstract

The effect of hydrogenperoxide and browning inhibitors from fruit juice were evaluated for extending shelf-life of fresh oyster mushroom. Whole mushrooms were immersed in 0, 3 or 6% hydrogenperoxide for 0, 15 or 30s and then kept at 10°C for 7 days. The results showed that mushroom immersed with 3% hydrogenperoxide for 15s showed slightly bacterial lesion and best appearance. Treatments to control discoloration of fresh mushrooms were investigated. Whole mushrooms were immersed in fruit juice (pineapple and lemon juice) as browning inhibitor for 10s and stored at 10°C for 7 days. The results showed that immersed with pineapple juice have higher L values, indicating lighter color and better appearance than lemon juice. Combination treatment by immersed whole mushroom in 3% hydrogenperoxide for 15s, followed by pineapple juice for 10s and kept at 10 or 20°C for 14days were studied. The result showed that the storage condition at 10°C were less brown blotch and bacterial lesion than storage at 20°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subject Project Title Shelf-Life Extension of Oyster Mushroom by Application of Hydrogen Peroxide and Browning Inhibitors from Fruit Juice

Name Miss Naparat Gongtoey

Mr. Wason Hutaprapin

Department Applied Biology Faculty of Science

Program Biotechnology

Acedemic Year 2003

Special Project Advisor Linchong Suklampoo

Abstract

The effect of hydrogenperoxide and browning inhibitors from fruit juice were evaluated for extending shelf-life of fresh oyster mushroom. Whole mushrooms were immersed in 0, 3 or 6% hydrogenperoxide for 0, 15 or 30s and then kept at 10°C for 7 days. The results showed that mushroom immersed with 3% hydrogenperoxide for 15s showed slightly bacteriae lesion and best appearance. Treatments to control discoloration of fresh mushrooms were investigated. Whole mushrooms were immersed in fruit juice (pineapple and lemon juice) as browning inhibitor for 10s and stored at 10°C for 7 days. The results showed that immersed with pineapple juice have higher L values, indicating lighter color and better appearance than lemon juice. Combination treatment by immersed whole mushroom in 3% hydrogenperoxide for 15s, followed by pineapple juice for 10s and kept at 10 or 20°C for 14days were studied. The result showed that the storage condition at 10°C were less brown blotch and bacteriae lesion than storage at 20°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนี้ อันเนื่องด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านคือ รศ.สุขใจ ชูจันทร์ ผู้เป็นประธานกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ผศ.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ กรรมการสอบโครงงานพิเศษ ผศ.ลินจง ลุขลำภู ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ซึ่งชี้แนะแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า ตรวจทานและแก้ไขข้อผิดพลาด ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ เจ้าหน้าที่ธุรการ คณาจารย์ บิดา มารดา และเพื่อน พี่ น้องนักศึกษาทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ความช่วยเหลือ ผลักดัน และเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้จัดทำโครงงานพิเศษนี้ตลอดมา

นางสาวนการัตน์ กองเตย
นายวสันต์ หุตะประพิน

มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และระยะเวลาในการชุบที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเห็ดนางรม ในระหว่างการเก็บรักษา	33
4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้	42
4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดนางรม โดยใช้น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ	42
4.4 ผลศึกษาผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ ในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมที่อุณหภูมิต่างๆ	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ผลผลิตของเห็ดนางรม (กรัม) ต่อสัปดาห์ จากก้อนเชื้อที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ	15
2. ประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย	33
3. ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* บริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	35
4. ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* บริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	37
5. ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆต่อลักษณะที่ปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางรมเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	38
6. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้	42
7. ผลของน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม	43
8. ประสิทธิภาพของน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ในการลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวเห็ด	44
9. ผลกระทบจากน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อลักษณะที่ปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและการเกิดสีน้ำตาล ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	45
10. ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	47
11. ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	49
12. ผลของการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ต่อลักษณะปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	50
13. ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

14. ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 55
15. ผลของการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ต่อลักษณะปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	เห็ดนางรม	7
2.	ส่วนประกอบต่างๆของเห็ด	8
3.	วงจรชีวิตของเห็ดนางรม	10
4.	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย	12
5.	อิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย	12
6.	อิทธิพลของแสงสว่างต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของดอกเห็ดนางรม	13
7.	การเจริญเติบโตของเห็ดนางรมที่ผิดปกติเนื่องจากได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	14
8.	ปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	16
9.	แสดงประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของเห็ดนางรม	34
10.	แสดงผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	36
11.	แสดงผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	37
12.	ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบน้ำกลั่น (ก) 0 วินาที (ข) 15 วินาที (ค) 30 วินาที เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7	39
13.	ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 (ก) 0 วินาที (ข) 15 วินาที (ค) 30 วินาที เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7	40
14.	ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6 (ก) 0 วินาที (ข) 15 วินาที (ค) 30 วินาที เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7	41
15.	แสดงผลของการชุบน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	43
16.	แสดงผลของการชุบน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	44
17.	ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบ (ก) น้ำกลั่น (ข) น้ำสับปะรด (ค) น้ำมะนาว เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

18. แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับ น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 48
19. แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับ น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่ผิวเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 49
20. ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ไม่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 51
21. ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรด เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 52
22. ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาว เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 53
23. แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับ น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 54
24. แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับ น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่ผิวเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 56
25. ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ไม่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 58
26. ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรด เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 59
27. ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาว เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เห็ดจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและทางเศรษฐกิจสูง มีราคาแพง เป็นที่ต้องการของตลาด และปัจจุบันได้มีการค้นคว้าเกี่ยวกับสารต่างๆที่มีอยู่ในเห็ดพบว่ามีสารที่มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง(anti-cancer) ต้านเชื้อไวรัส(anti-viral) เสริมภูมิต้านทานของร่างกาย ลดโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด และบำรุงตับ (Mizuno; et.al. 1996 อ้างถึงใน Xiong, 2000) สำหรับเห็ดนางรมนั้นเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, วิตามิน โดยมีวิตามินบี1 และ บี2 มากกว่าเห็ดชนิดอื่นๆ มีโฟลิคมากกว่าพืชผักและเนื้อสัตว์ซึ่งช่วยป้องกันโรคโลหิตจางได้ เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงรวมถึงผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก มีปริมาณโซเดียมต่ำเหมาะกับผู้เป็นโรคหัวใจและโรคไต และมีแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม , ฟอสฟอรัส , โพแทสเซียม (บัญญา และ กิตติพงษ์ 2538)

เนื่องจากเห็ดมีอัตราการหายใจสูงทำให้สูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ง่าย และมีความชื้นมาก ทำให้เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย และยังเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) ทำให้เห็ดมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น ได้มีการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ชุบเห็ด(*Agaricus bisporus*) แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นๆก่อนทำการหุ้มด้วยแผ่นฟิล์ม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้ประมาณ 19 วัน (Brennan; Port and Gormley 2000) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาลึกลงไปถึงแผ่นฟิล์มที่ใช้หุ้มอีกด้วย (Xiong, 2000) ต่อมา Sapers; et.al. (2001) ได้ศึกษาการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Browning inhibitor) พบว่าสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลและจุดสีน้ำตาลที่เกิดจากจุลินทรีย์ (brown blotch) ได้ในเห็ด *Agaricus bisporus* และยังมีการศึกษาคุณสมบัติของน้ำผลไม้และเอนไซม์จากน้ำผลไม้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดย Labauza; et.al. (1992) ศึกษาการใช้เอนไซม์โบรมีเลน (Bromelain) ชุบมันฝรั่ง เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส และ 24 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ หลังจากนั้นได้มีการศึกษาพบว่าเอนไซม์ปาเปน (papain) สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ ของแอปเปิ้ล ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 24 องศาเซลเซียส ได้ (Taoukins; et.al. 1989 อ้างจาก Laurila et. al. 2003) และยังมีการใช้น้ำผลไม้ได้แก่ น้ำสับปะรด, น้ำมะละกอ และน้ำมะนาว ในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณผิวของผลไม้และผักได้ (Balls และ Hale, 1935 อ้างถึงใน Patricia; et.al. 1993) Patricia; et.al. (1993) ยังพบว่า น้ำสับปะรดสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลทั้งสดและแห้งได้อีกด้วย ดังนั้นโครงงานพิเศษนี้จึงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดที่จะยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมให้นานขึ้น

1. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และระยะเวลาในการจุ่มดอกเห็ดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเห็นนางรมสดในระหว่างการเก็บรักษา
2. ศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดนางรมสดโดยใช้น้ำผลไม้บางชนิด
3. ศึกษาผลของการใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมสด

2. ขอบเขตของการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 3 และร้อยละ 6 และใช้น้ำผลไม้ 2 ชนิดคือ มะนาว และสับปะรด มาใช้ทดสอบ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมสดได้นานขึ้น

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยชะลอการเน่าเสียของเห็ดนางรมที่เกิดจากจุลินทรีย์
2. ช่วยยับยั้ง การเกิด สีน้ำตาล ในเห็ดนางรมสด
3. มีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมได้นานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

บทตรวจเอกสาร

1.เห็ด

เห็ดนั้นเป็นที่รู้จักกันเป็นเวลานานและนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารในทุกประเทศทั่วโลก เห็ดมีหลายชนิดและแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาค และจากงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปมักจะพบว่าเห็ดมีคุณค่าอาหารทั่วไปคล้ายกับพืชผักสีเขียวรวมถึงพลังงานที่ได้จากเห็ด (Dickison and Lucas 1979) อย่างไรก็ตาม ถ้าเปรียบเทียบกันโดยน้ำหนัก เห็ดมีปริมาณโปรตีนมากกว่ามันฝรั่งและกะหล่ำปลี เห็ดสดจะมีปริมาณโปรตีนเล็กน้อย แต่เป็นโปรตีนที่ย่อยและร่างกายนำไปใช้ได้ง่าย แม้เห็ดจะถูกจัดไว้เหมือนกับพืชผักทั่วไป แต่เมื่ออยู่ในรูปเห็ดแห้ง ก็มีโปรตีนอยู่มากเมื่อเทียบกับน้ำหนัก ข้อเสียของเห็ดคือ ถ้าต้องการโปรตีนที่สมบูรณ์จะต้องกินเห็ด 2-3 ชนิดรวมกันในหนึ่งวัน เพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน (Pongsamat; et.al. 1986) โดยจะได้คาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ไม่มากนัก แต่จะได้วิตามินอีกหลายชนิด เห็ดมักจะมีวิตามินบีรวม โดยเฉพาะไรโบฟลาวินและกรดนิโคตินิค นอกจากนี้ยังมีวิตามินซีและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยกว่าผักที่ปลูกทั่วไป

บทบาทของอาหารธรรมชาติในปัจจุบันทำให้เกิดการตื่นตัวในการบริโภคเห็ด และธุรกิจการส่งออกเห็ดไปสู่ยุโรปเติบโตขึ้น การพัฒนาเติบโตของอุตสาหกรรมอย่างไม่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และเหตุการณ์ที่เชอโนบิลทำให้พื้นที่หลายล้านเอเคอร์ที่เคยเป็นแหล่งเห็ดธรรมชาติในรัสเซียและยุโรปได้รับความกระทบกระเทือน เห็ดหายากขึ้นและที่หาได้ก็ถูกปนเปื้อน (Hobbs, 1995) แต่ปริมาณความต้องการบริโภคเห็ดยังคงเพิ่มขึ้น Chang and Hayes (1978) เคยประมาณการผลผลิตเห็ดหลายชนิดในปี 1975 ไว้ว่า ทั่วโลกผลิตเห็ดรวมกันประมาณ 916,000 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 700 ล้านเหรียญสหรัฐ ในการนี้ไม่ได้รวมผลผลิตเห็ดต่างๆในประเทศจีน(ยกเว้นเห็ดกระดุม) ดังนั้นประมาณการผลิตเห็ดจึงน่าจะมากกว่า 1,000,000 ล้านตัน Chang and Hayes (1978) เคยประมาณการผลผลิตเห็ดในอเมริกากลางและใต้ไว้ที่ 2,970 ตัน และประมาณการผลิตเห็ดในประเทศไทยไว้ 6,000 ตัน แต่ Lahmann and Rinker(1995) ได้รายงานประมาณการผลผลิตเห็ดของอเมริกากลางและใต้ในปี 1994 ไว้ 21,020 ตัน และการผลิตเห็ดของไทยในปี 1998 มียอดถึง 141,700 ตัน โดยการประมาณการของศูนย์รวมสวนเห็ดบ้านอรัญญิก จะเห็นได้ว่า กำลังการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่มีการผลิตมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็ดขยายบทบาททางด้านอาหารและยาออกไปทั่วทุกทิศ และยังเป็นเพื่อนที่ดีของป่าไม้อีกด้วย มีเห็ดบางประเภทช่วยให้กระบวนการทำงานของเมตาบอลิซึ่มในการขจัดของเสียออกจากร่างกายได้ดีขึ้น และช่วยปรับลดระดับความเป็นพิษในร่างกายโดยไม่ส่งผลข้างเคียงทิ้งไว้ เห็ดเป็นสิ่งที่ปลอดภัยและมีประสิทธิผลทางยามานานนับพันปี (Hobbs, 1995) ความสามารถของเห็ดในการรักษาโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ และโรคอื่น ๆ กำลังได้รับความสนใจและตื่นตัวมาก และปริมาณการใช้เห็ดมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดเวลา ทั้งในประเทศอเมริกาและญี่ปุ่น ปัจจุบันผลผลิตทางยาและอาหารเสริมจากเห็ดอาจจะมีมูลค่าถึง 1.2 พันล้านเหรียญสหรัฐ (Pongsamat; et.al. 1986)

ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศเป็นจุดเด่นที่ทำให้ประเทศไทยมีแหล่งคุณค่าอาหารคาว หวาน ของขบเคี้ยว และยาจากเห็ดหลายอย่างที่ชาวไทยรู้จัก ทำให้ประมุขของชาติ ผู้บริหารระดับสูง ทั้งภาครัฐบาลและเอกชนสนใจในเรื่องเห็ดจากคนรุ่นก่อน ๆ และสะสมความรู้เพิ่มส่งผ่านไปสู่รุ่นถัด ๆ ไปทำให้มีการเพาะปลูกเห็ดหลากหลายชนิดมากขึ้น ที่ศูนย์รวมสวนเห็ดบ้านอรัญญิกมีส่วนเกี่ยวพันกับเห็ดหลากหลายชนิดตั้งแต่ปี 2519 คือ เห็นนางรม เห็ดภูฏานครีมและดำ เห็ดนางรมขาว เห็ดนางนวล เห็ดนางรมทอง เห็ดนางรมฮังการี เห็ดนางฟ้า เห็ดนางฟ้าจีน เห็ดนางรมหัว เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางรมครีมและดำ เห็ดหูหนูหนา-บาง เห็ดหูหนูกลายพันธุ์ (หูหนูเผือก) เห็ดหูหนูขาว เห็ดยานาหงิสีขาวและสีน้ำตาล เห็ดหัวลิง เห็ดหอม เห็ดตีนแรด เห็ดลม เห็ดขอนขาว เห็ดหูกวาง เห็ดแครง เห็ดเข็มทอง เห็ดเข็มเงิน เห็ดนิรนาม (เห็ดพ้นทาส เห็ดแตรฤาษี) เห็ดหลินจือสีม่วงดำ เห็ดหลินจือสีน้ำตาลแดง เห็ดขี้ควาย เห็ดเรืองแสง เห็ดโคน เห็ดฟาง เห็ดฟางสีทอง เห็ดกระดุม เห็ดกระดุมพันธุ์ร้อน เห็ดนกยูง โดยใช้เทคโนโลยีถุงพลาสติก แปลงเพาะทั้งในโรงเรือนและในทุ่งเพื่อเพาะปลูกเห็ด ที่ทำให้ชาวไทยได้เรียนรู้ที่จะใช้ประโยชน์จากเห็ดมากขึ้น

1.1 ความรู้เรื่องเห็ดเป็นอาหารและยา (สาธิต, 2542)

เห็ดโคนหรือเห็ดปลวก	ช่วยให้สมองแจ่มใส ความจำดี บรรเทาริดสีดวงทวาร
เห็ดกระดุม	ช่วยให้แม่ลูกอ่อนมีน้ำนมมากขึ้น
เห็ดฟาง	แก้โรคลักปิดลักเปิด เลือดออกตามไรฟัน และช่วยสมานแผล
เห็ดหัวลิง	บรรเทาและรักษาแผลเรื้อรัง อักเสบในกระเพาะและลำไส้ส่วนต้น
เห็ดนางรมขาวและเห็ดในตระกูลนางรม	ช่วยลดอาการปวดเอว ปวดขา เส้นเอ็ดยึด และอาการชาตามแขนขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็ดลม	ควบคุมร่างกายให้สมดุล และการทำงานในระบบประสาทปกติ
เห็นยานาหงิ	ช่วยขับปัสสาวะ
เห็ดหอม	ดูแลกระดูกอ่อนในทารก และช่วยลดคอเลสเตอรอล
เห็ดเข็มทอง	รักษาตับ
เห็ดหมึกหรือเห็ดถั่ว	ช่วยละลายเสมหะ และช่วยย่อยอาหาร
เห็ดร่างแห	รักษาโรคบิด และชะลอการเน่าเสีย
เห็ดแครง(เห็ดตีนตุ๊กแก)	ช่วยลดตกขาวหรือระดูขาว
เห็ดหูหนูต่าง ๆ	ช่วยในการฟอกปอด
เห็นหูหนูขาว	บำรุงไตและอสุจิ
เห็ดหลินจือ	ช่วยปรับ ระบบต่างๆในร่างกาย และกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

2. เห็ดนางรม (Oyster mushroom)

เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางถิ่นประเทศแถบยุโรป เห็ดพวกนี้เจริญเติบโตได้ดีในพวกไม้โอ๊ก (oak) ไม้เมเปิ้ล (maple) ไม้พีช (peach) ฯลฯ และสามารถเจริญเติบโตได้ทั่วไปในเขตอบอุ่น ต่อมาได้มีการนำเข้ามาทดลองเพาะเลี้ยงในประเทศไทย พบว่าเห็ดชนิดนี้สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย จึงได้มีการเผยแพร่วิธีการเพาะเห็ดชนิดนี้ จนเป็นที่รู้จักของประชาชนทั่วๆไป เห็ดนางรมจึงเป็นเห็ดที่ประชาชนนิยมรับประทานกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากเห็ดนางรมมีลักษณะคล้ายเห็ดมะม่วงหรือเห็ดขอนขาวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติบนตอไม้ที่ผุพังประกอบกับเห็ดนางรมเป็นเห็ดที่มีสีขาวสะอาด มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีรสชาติหอมหวาน นอกจากนี้เนื้อของเห็ดนางรมยังไม่เหนียวมากเหมือนเห็ดมะม่วงหรือเห็ดขอนขาว และที่สำคัญคือเห็ดนางรมมีสารบางอย่างที่มีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคไม่แพ้เห็ดชนิดอื่นๆ จึงทำให้ประชาชนรู้จักเห็ดชนิดนี้เป็นอย่างดี

เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่คุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน คาร์โบไฮเดรท วิตามิน ไม่แพ้เห็ดชนิดอื่นๆ นอกจากนี้เห็ดนางรมยังให้ปริมาณแต่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปตัสเซียม และยังให้พลังงานค่อนข้างสูง เห็ดนางรมมีวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 สูงกว่าเห็ดชนิดอื่นๆ และมียังมีกรดโฟลิคสูงกว่าพืชผักและเนื้อสัตว์ กรดพวกนี้ช่วยป้องกันรักษาโรคโลหิตจางได้ จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และยังเหมาะต่อผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เพราะเห็ดมีปริมาณของไขมันน้อยและมีปริมาณโซเดียมต่ำ จึงเหมาะที่ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและโรคไตอักเสบ ประกอบกับเห็ดนางรมเป็นเห็ดที่เพาะง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย จึงได้มีการเพาะเห็ดชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย

2.1 ลักษณะทางชีววิทยาของเห็ดนางรม

2.1.1 การจำแนกเห็ดนางรม (Taxonomy)

ชื่อวิทยาศาสตร์	:	*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer
ชื่อสามัญ	:	เห็ดนางรม (Oyster mushroom)
Class	:	Basidiomycetes
Subclass	:	Holobasidiomycetidae
Order	:	Agaricales
Family	:	Tricholomataceae
Genus	:	Pleurotus
Species	:	Ostreatus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของเห็ดนางรม

รูปที่ 1 เห็ดนางรม
ที่มา : Schwartz (2002)

เห็ดนางรมที่เกษตรกรนิยมเพาะกันทั่วไปมี 2 ชนิดคือ

1) เห็ดนางรมสีขาว (White type) หรือ Florida type จัดเป็นเห็ดนางรมที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง จึงเหมาะที่จะนำมาเพาะในช่วงฤดูร้อน เห็ดชนิดนี้จะออกดอกได้ดีที่อุณหภูมิ 20 °ซ. หมวกดอกมีสีขาว และมีน้ำหนักมากกว่าเห็ดนางรมสีเทา แต่หมวกดอกของเห็ดนางรมสีขาวจะมีขนาดเล็ก และบางกว่าเห็ดนางรมสีเทา

2) เห็ดนางรมสีเทา (Gray type) หรือ Winter type เห็ดพวกนี้เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะแก่การนำมาเพาะในช่วงฤดูหนาว โดยเห็ดจะออกดอกได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °ซ. หมวกดอกหนาและมีขนาดใหญ่ แต่ผลผลิตจะต่ำกว่าเห็ดนางรมสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

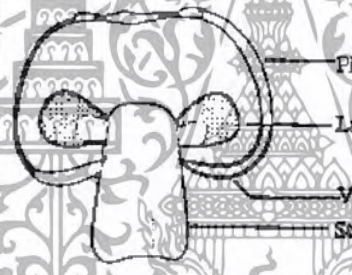
2.1.3 รูปร่างลักษณะของดอกเห็ดนางรม

เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่มีรูปร่างคล้ายหอยนางรม จึงเรียกเห็ดนี้ว่า Oyster mushroom ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1) หมวกดอก (Cap) หรือ Pileus หมวกดอกมีลักษณะคล้ายหอยนางรม หมวกดอกมีลักษณะแบนราบไม่เหมือนเห็ดฟาง กลางหมวกดอกมีลักษณะเว้าเป็นแอ่ง หมวกดอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-15 ซ.ม. หมวกดอกอาจมีสีขาวหรือสีเทาก็ได้ และลักษณะของหมวกดอกจะเป็นเนื้อเดียวกับก้านดอก

2) ก้านดอก (Stalk) เป็นส่วนที่ใช้ชูดอกขึ้นไปในอากาศ ก้านดอกค่อนข้างสั้นและเจริญเข้าหาแสงสว่าง

3) ครีบดอก (Gills) มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ สีขาวหรือสีเทา ที่บริเวณครีบดอกเป็นแหล่งสร้างสปอร์ สปอร์ของเห็ดนางรมมีขนาด 8-12 μm x 3-4 μm



รูปที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆของเห็ด
ที่มา : Xiong (2000)

2.1.4 วงจรชีวิตของเห็ดนางรม

เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่มีวงจรชีวิตแบบ Heterothallic ซึ่งเกิดจากดอกเห็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีการสร้างเบซิดิโอสปอร์ (Basidiospore) เมื่อสปอร์พวกนี้ปลิวไปตกในบริเวณที่เหมาะสมก็จะงอกเส้นใยขั้นที่หนึ่ง (Primary mycelium) ออกมา เส้นใยขั้นที่หนึ่งจะมีนิวเคลียสเพียงอันเดียว (Haploid) จากนั้นเส้นใยขั้นที่หนึ่งที่เจริญมาจากสปอร์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต่างกัน จะรวมตัวกันแล้วพัฒนาไปเป็นเส้นใยขั้นที่สอง (Secondary mycelium) ซึ่งมีนิวเคลียส 2 อัน เส้นใยขั้นที่สองนี้ อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Dikaryotic mycelium เส้นใยขั้นที่สองจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และในแต่ละเซลล์จะมีข้อยึดระหว่างเซลล์ (Clamp connection) ถ้าเส้นใยขั้นที่สองนี้รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน พร้อมที่จะสร้างดอก เรียกเส้นใยในระยะนี้ว่า เส้นใยขั้นที่สาม (Teritiary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mycelium) จากนั้นเส้นใยจะค่อยๆพัฒนาไปเป็น Fruiting body และเจริญไปเป็นดอกเห็ดต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3

2.1.5 ธรรมชาติของเห็ดนางรม

เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่มีการดำรงชีพแบบ Saprophytic fungi แต่ในบางครั้งก็จัดเป็นพวกปาราสิต (Parasite) โดยเจริญเติบโตบนต้นไม้ที่มีชีวิตและเมื่อต้นไม้ตาย เห็ดนางรมก็ยังสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้อีก การดำรงชีพตามธรรมชาติของเห็ดนางรมมีดังนี้

1) เห็ดนางรมเป็นเห็ดที่มีความสามารถย่อยสารประกอบที่มีโมเลกุลซับซ้อนได้ดีกว่าเห็ดฟาง โดยเฉพาะพวกเซลลูโลส ลิกนิน ฯลฯ จึงทำให้วัสดุที่ใช้ในการเพาะ โดยเฉพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา ไม่จำเป็นต้องผ่านการหมักก็ได้

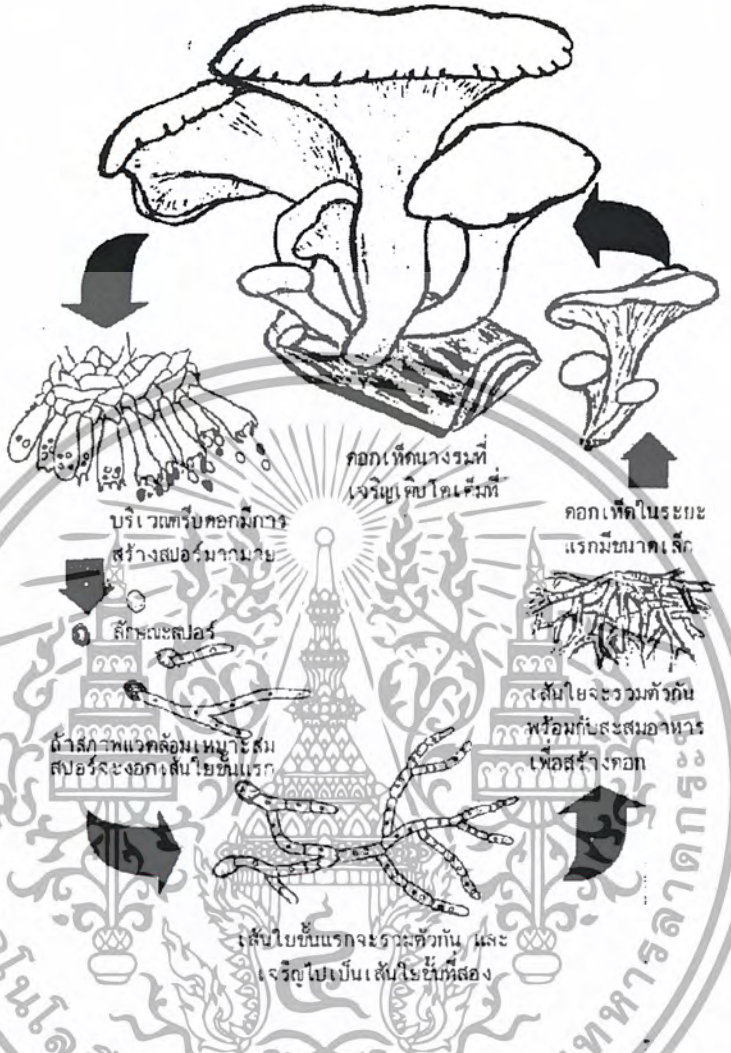
2) ความสามารถในการดำรงชีวิตในกรณีที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เห็ดนางรมสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยการสร้างคลามัยโดสปอร์ (Chlamydospore) อยู่ตามตอไม้ เมื่ออากาศชุ่มชื้นและสภาพแวดล้อมเหมาะสม เห็ดนางรมก็จะงอกเส้นใยออกมา จากนั้นเส้นใยก็จะพัฒนาไปเป็นดอก และมีการสร้างสปอร์แพร่พันธุ์ต่อไป และเห็ดนางรมยังสามารถเจริญเติบโตบนท่อนไม้ได้อย่างดี

3) เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดเล็กน้อย หรือมี pH 5.0-5.2 การผสมขี้เลื่อยหรือวัสดุที่ใช้เพาะไม่จำเป็นต้องใส่ปูนขาวลงไป

4) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด ควรอยู่ประมาณ 30-32 °ซ. และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการออกดอกหรือสร้างดอกประมาณ 25 °ซ.

5) เส้นใยของเห็ดนางรมมีความสามารถในการเจริญเติบโตและมีการเชื่อมต่อของเส้นใยได้เร็วมาก จึงทำให้เส้นใยเดินเต็มก้อนเชื้อได้เร็วกว่าเห็ดชนิดอื่นๆ และยังมีความสามารถในการใช้น้ำตาลที่อยู่ในรูปของคาร์โบไฮเดรทได้อย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 วงจรชีวิตของเห็ดนางรม
ที่มา : บัญญา และ กิตติพงษ์ (2538)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย

ในการเพาะเห็ดนางรม ตามปกติจะใช้วิธีการเขี่ยเนื้อเยื่อ มาเลี้ยงบนอาหารวุ้นชนิดต่างๆ เพื่อให้เห็ดนางรมขยายเส้นใยได้มาขึ้น แต่การที่เส้นใยของเห็ดนางรมจะเจริญเติบโตดีหรือไม่ ขึ้นกันปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

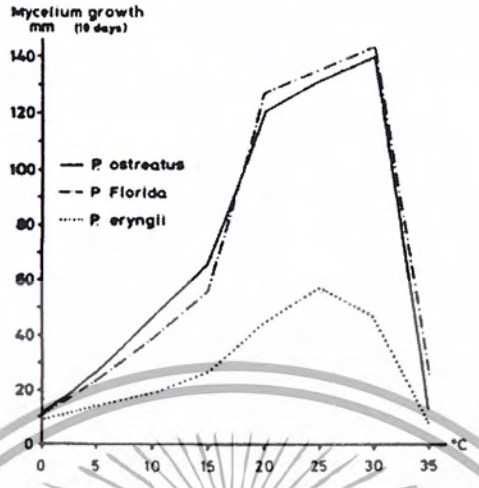
2.2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ (Nutrient Media) เห็ดนางรมจัดเป็นเห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อหลายชนิด เช่น PDA แต่จากการศึกษาพบว่า สูตรอาหารที่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางรม ประกอบด้วย

malt extract	5 กรัม
แป้งถั่วเหลือง	10 กรัม
เปปโตน (peptone)	1 กรัม
KH_2PO_4	0.5 กรัม
ดีเกลือ ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5 กรัม
$FeCl_2$ (สารละลาย 1%)	1 ซี.ซี.
Yeast extract	0.1 กรัม
วุ้น	15 กรัม
น้ำสะอาด	1 ลิตร

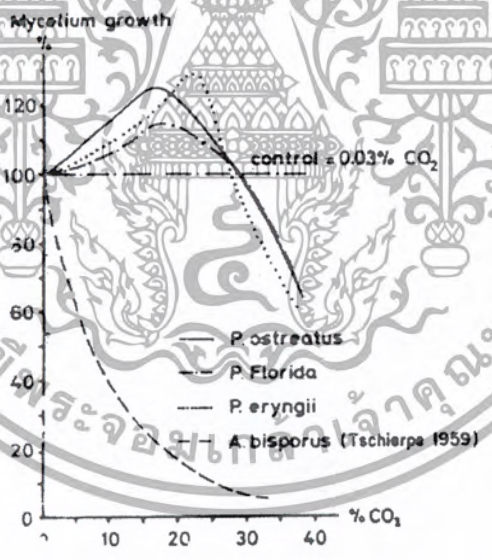
2.2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย อัตราการเจริญเติบโตของเส้นใยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °ซ. อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ในช่วงอุณหภูมิ 15-20 °ซ. อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางรมสีขาวและสีเทาอยู่ประมาณ 30°ซ. ดังรูปที่ 4

2.2.3 อิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณของก๊าซ CO_2 นับว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางรมอย่างมาก โดยเฉพาะเห็ดนางรมพันธุ์ *Pleurotus ostreatus, Pleurotus florida* และ *Pleurotus eryngii* ถ้าปริมาณของก๊าซ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่ 28 เปอร์เซนต์ โดยปริมาตร จะกระตุ้นการเจริญเติบโตของเห็ดนางรม แต่ถ้าปริมาณของก๊าซ CO_2 มากเกินไป การเจริญเติบโตของเส้นใยจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย
ที่มา : บัญญา และ กิตติพงษ์ (2538)



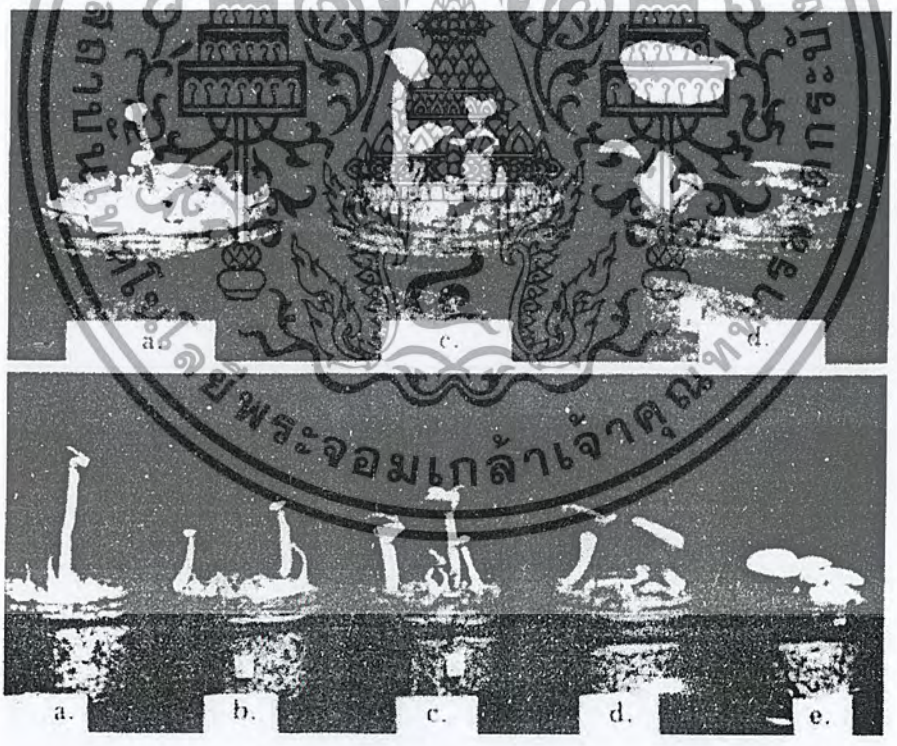
รูปที่ 5 อิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย
ที่มา : บัญญา และ กิตติพงษ์ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดนางรม

จากการที่เห็ดนางรมไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงสังเคราะห์แสงไม่ได้ การเจริญเติบโตจึงจำเป็นต้องใช้อาหารจากอินทรีย์วัตถุ และการที่เห็ดนางรมจะให้ผลผลิตดีหรือไม่ ขึ้นกับปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องหลายประการ คือ

2.3.1 แสงสว่าง (Light) แม้ว่าเห็ดนางรมจะไม่มีคลอโรฟิลล์ที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงก็ตาม แต่แสงสว่างมีผลต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของดอกเห็ดมาก เพราะแสงสว่างช่วยกระตุ้นในการรวมตัวของเส้นใยและการพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์ ถ้าได้รับแสงสว่างน้อยจะทำให้หมวกดอกมีขนาดเล็กลง ในขณะที่ก้านดอกยาวขึ้น และถ้าแสงน้อยมากๆ จะทำให้ดอกเห็ดมีลักษณะผิดปกติเช่นกัน ในการเพาะเห็ดนางรม ควรให้เห็ดได้รับแสงสว่างอย่างน้อย 15 นาทีต่อวัน จากการศึกษาของ Zadrazil แสดงให้เห็นว่าแสงสว่างมีความจำเป็นต่อการพัฒนาของดอกเห็ดดังแสดงในรูปที่ 5 (บัญญาและกิตติพงษ์, 2538 อ้างจาก Zadrazil, 1974)



รูปที่ 6 อิทธิพลของแสงสว่างต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของดอกเห็ดนางรม

(a) ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้รับแสงสว่าง 0 ชั่วโมง/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(b) ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้รับแสงสว่าง 2 ชั่วโมง/วัน

(c) ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้รับแสงสว่าง 4 ชั่วโมง/วัน

(d) ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้รับแสงสว่าง 8 ชั่วโมง/วัน

(e) ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้รับแสงสว่าง 12 ชั่วโมง/วัน

ที่มา : บัญญา และ กิตติพงษ์ (2538)

2.3.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แม้ว่าจะมีผลในการเร่งการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางรมก็ตาม แต่ในระยะที่เห็ดพัฒนาไปเป็นดอก ถ้ามีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่สูง ก็จะทำให้ดอกเห็ดมีลักษณะผิดปกติได้ (รูปที่ 6) ดังนั้นโรงเรือนที่เพาะเห็ดนางรมควรให้มีอากาศถ่ายเทบ้าง ซึ่งจะช่วยให้ดอกเห็ดเจริญไปเป็นดอกที่สมบูรณ์

รูปที่ 7 การเจริญเติบโตของเห็ดนางรมที่ผิดปกติเนื่องจากได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(A) Primary basidiocarp

(B) Secondary basidiocarp

(C) Tertiary basidiocarp

รูปล่าง การพัฒนาของ fruiting body จาก basidiocarp

ที่มา : บัญญา และ กิตติพงษ์ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ความชื้นของอากาศ (Humidity) ความชื้นของอากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมอย่างมาก โดยเฉพาะในระยะเปิดก้อนเชื้อ เห็ดนางรมต้องการความชื้นค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องเปิดก้อนเชื้อภายในโรงเรือนที่เก็บความชื้นได้ และควรมีการฉีดพ่นละอองน้ำเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน 2-3 ครั้งต่อวัน ระดับความชื้นของอากาศ (Reletive humidity) ควรอยู่ในระดับ 70-80%

2.3.4 อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของเห็ดนางรมอย่างมาก จากการศึกษาผลผลิตของเห็ดนางรมในแต่ละเดือนของการเจริญเติบโต พบว่า เห็ดนางรมจะให้ผลผลิตสูงในช่วงอุณหภูมิ 24-33.5 °ซ. ผลผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมค่อนข้างสูง และผลผลิตในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคมค่อนข้างต่ำ สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากก้อนเชื้อได้รับอุณหภูมิต่ำก่อนที่จะมีการเปิดดอกก็ได้ เมื่อก้อนเชื้อผ่านช่วงอากาศเย็นและได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะช่วยเพิ่มผลผลิตเป็นอย่างดี จากการทดลองให้ก้อนเชื้อเห็ดนางรมได้รับอุณหภูมิต่ำ (Chilling treatment) ที่ 20 ± 3 °ซ. ซึ่งจะชะงักการเจริญเติบโต พวกเชื้อจุลินทรีย์จะทำลายก้อนเชื้อในระยะเวลาแตกต่างกันตั้งแต่ 9 , 12 , 15 ,18 และ 21 วัน จากนั้นจึงนำก้อนเชื้อมาเปิดดอกที่อุณหภูมิ 26-30 °ซ. พบว่าก้อนเชื้อเห็ดนางรมที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ 21 วัน จะให้ผลผลิตสูงสุดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลผลิตของเห็ดนางรม (กรัม) ต่อสัปดาห์ จากก้อนเชื้อที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ

จำนวนวันที่ใช้ Chilling treatment	สัปดาห์ 1	2	3	4	5	รวม
9 วัน	14,487	5,726	10,043	3,618	1,209	35,074
12 วัน	26,521	3,122	5,460	5,892	1,860	42,855
15 วัน	27,324	7,793	858	2,394	51	38,420
18 วัน	26,520	4,060	1,117	3,449	300	35,446
21 วัน	18,978	8,952	3,515	5,231	2,100	38,777

ที่มา : บัญญา และ กิตติพงษ์ (2538)

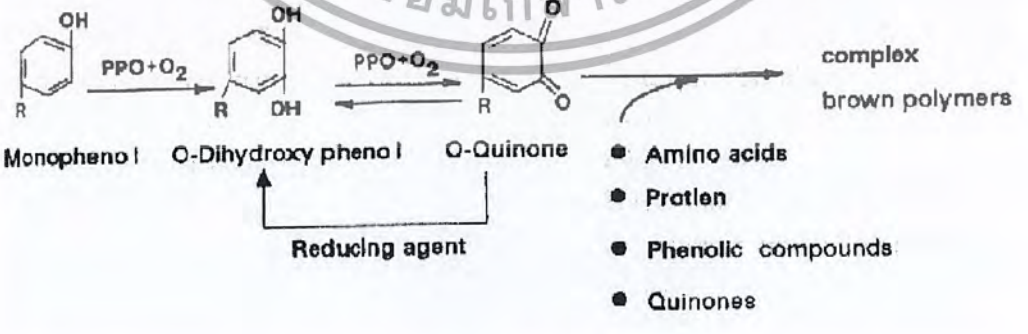
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร (Browning reaction in foods)

การเกิดสีน้ำตาลในอาหารอาจแบ่งเป็น 2 อย่างคือ อย่างแรกเกิดจากเอนไซม์ อย่างที่สองเกิดจากสารอื่นที่ไม่ใช่เอนไซม์ ความซับซ้อนนั้นขึ้นอยู่ที่ปฏิกิริยาที่จะเกิดตามมาซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีแก่-อ่อนต่างกัน แม้ว่าจะเกิดในผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ในมันฝรั่งที่ปอกเปลือกไว้แล้วอาจจะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีแดง น้ำตาล หรือแม้กระทั่งสีดำ บางครั้งเกิดหลายสีในหัวมันหัวเดียว การเปลี่ยนสีนั้นเป็นผลมาจากการกระทำของเอนไซม์และปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาความร้อนในระหว่างการอบไอน้ำหรือการแช่ด่างเพื่อปอกเปลือก ในลักษณะเดียวกันนี้เห็ดสามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแล้วได้สีต่างๆกัน คือ ชมพู น้ำตาล ดำ เทา หรือแม้แต่สีม่วง ซึ่งในบางกรณีก็ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร การเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลนี้ยังอาจเกิดจากกรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) ในผลิตภัณฑ์อาหารถูกออกซิไดซ์กลายเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิค (Dehydroascorbic acid) แล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนให้ผลลัพธ์เป็นสารสีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรือเกิดจากปฏิกิริยาอื่นที่ไม่ใช้เอนไซม์

3.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ เป็นการเปลี่ยนสีที่เป็นผลมาจากการที่สารประกอบจำพวกโมโนฟีนอล (Monophenol) ในพืชหรือสัตว์ในสภาพที่มีออกซิเจนและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase ; PPO) ถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิลแล้วเกิดเป็นสารออโทไดฟีนอล (O-Diphenols) ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นออโทควิโนน (O-Quinones) สารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโนและสารอื่นๆ โดยไม่ใช้เอนไซม์แล้วเกิดเป็นสารที่มีโครงสร้างซับซ้อน (ดังรูปที่ 8)



รูปที่ 8 ปฏิกริยาการเกิดสารสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ที่มา : ประสาร (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เอนไซม์ PPO (EC 1.14.18.1) นี้ได้แก่ ไทโรซิเนส (Tyrosinase) ออโทไดฟีนอลออกซิเดส (o-diphenol oxidase) และแคเทคอลออกซิเดส (catechol oxidase) เป็นต้น ส่วนสารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดซ์โดย PPO ได้แก่ แคเทชิน (catechins) ซินนามิคแอซิดเอสเทอร์ (cinnamic acid esters) 3,4-ไฮดรอกซีฟีนิลอะลานีน (3,4-hydroxyphenylalanine; DOPA) และไทโรซีน (tyrosine) pH ที่เหมาะสมของเอนไซม์ PPO คือระหว่าง 5-7 เอนไซม์ PPO นี้ค่อนข้างจะไม่ทนความร้อนและสามารถถูกยับยั้งได้ด้วยกรดเฮไลด์ (halides) ฟีนอลแอซิด (Phenol acids) ซัลไฟต์สารที่จับกับโลหะ (chelating agents) สารรีดิวซ์ (Reducing agents) เช่น กรดแอสคอร์บิคแอซิด สารจับควิโนน (quinone couplers) เช่น ซีสเตอีน (cysteine) และสารประกอบอื่นๆอีกหลายชนิดที่สามารถจับกับสารที่เป็นสับสเตรท (substrate) ได้

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์นี้เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดกับสินค้าสำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะอาหารจำพวกผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล (apples) แพร์ (pears) ท้อ (peaches) กล้วย (banana) และองุ่น (grapes) จำพวกผักได้แก่ มันฝรั่ง (potatoes) เห็ด (mushrooms) และผักกาด (lettuce) ส่วนจำพวกอาหารทะเลได้แก่ กุ้ง (shrimp) ล็อบสเตอร์ (spiny lobsters) และปู (crabs) การเกิดการเปลี่ยนสีทำให้อาหารมีอายุการเก็บจำกัด และเป็นปัญหาในการผลิต ผัก ผลไม้แห้ง และแช่แข็ง

การเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์นี้ ไม่ใช่ว่าจะเป็นตำหนิเสมอไป ปฏิกิริยานี้จะให้สีและกลิ่นรสเป็นที่ต้องการในผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น ลูกเกด (raisins) ลูกพรุน (prunes) กาแฟ ชา และโกโก้

เราสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ในผักและผลไม้ ได้โดยการลวกเพื่อทำให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถทำงานได้ แต่การลวกไม่สามารถนำมาใช้ได้กับผลิตภัณฑ์บางอย่าง เพราะอาจมีผลเสียต่อ กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องใช้วิธีอื่น เช่น การกำจัดออกซิเจน และการใช้สารยับยั้งชนิดต่างๆ

3.2 สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Browning inhibitors)

3.2.1 ซัลไฟต์ในฐานะเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Sulfites as browning inhibitors)

สารประกอบจำพวกซัลไฟต์นั้นมีประสิทธิภาพสูงมากในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล แต่มีการควบคุมการใช้อย่างเข้มงวด เนื่องจากมีผลเสียต่อสุขภาพ

สารประกอบจำพวกซัลไฟต์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) โซเดียมซัลไฟต์ (sodium sulfite) โซเดียมไบซัลไฟต์ (sodium bisulfite) โปตัสเซียมไบซัลไฟต์ (potassium bisulfite) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulfite) สารเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นเวลานานแล้วเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลทั้งจากเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ ควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58544

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ใช้เป็นสารฟอกสี (bleaching agent) ใช้เป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น (antioxidant) หรือใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดการรีดิวซ์ และใช้ในวัตถุประสงค์อื่นๆทางด้านเทคนิคอีกหลายอย่าง

ซัลไฟต์ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ PPO และยังทำปฏิกิริยากับสารตัวกลาง (intermediates) ของปฏิกิริยาเพื่อป้องกันการเกิดเม็ดสีน้ำตาล

ซัลไฟต์สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์โดยการทำปฏิกริยากับสารตัวกลางที่มีกลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl intermediate) จึงสามารถป้องกันไม่ให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปแล้วเกิดเป็นสารสีน้ำตาล

ปริมาณการใช้ซัลไฟต์ในอาหารนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้และความต้องการ และเมื่อใช้แล้วจะต้องมีปริมาณที่ตกค้างอยู่ไม่เกินหลายร้อยส่วนต่อล้านส่วน แต่สามารถตกค้างได้สูงถึง 1,000 ส่วนในล้านส่วน (1,000 ppm) ในผลิตภัณฑ์จำพวกผักและผลไม้บางอย่าง FDA ได้กำหนดปริมาณสารตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้สูงสุดที่ 300 500 และ 2,000 ppm ในน้ำผลไม้ มันฝรั่งแห้ง (dehydrated potatoes) และผลไม้แห้ง (dried fruit) ตามลำดับ

เนื่องจาก FDA ได้จำกัดการใช้ซัลไฟต์ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ คาดว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆในอนาคตคงจะถูกจำกัด จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยและผู้ผลิตสารเคมีพยายามหาสารใหม่แทนซัลไฟต์

3.2.2 สูตรที่มีกรดแอสคอร์บิค หรือวิตามินซีเป็นหลัก (Ascorbic acid-based formulation)

วิตามินซีอาจเป็นสารที่ใช้แทนซัลไฟต์ที่รู้จักกันดีที่สุด เนื่องจากวิตามินซีสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะวิตามินซีสามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นของสาร โพลีฟีนอลด้วยการกระทำของ PPO ให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลตามเดิมก่อนที่สารควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (รูปที่ 1) อย่างไรก็ตามเมื่อวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิคถูกออกซิไดซ์จนกลายเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิค (dehydroascorbic acid; DHAA) ทั้งหมดแล้ว สารควิโนนก็จะเกิดสะสมมาขึ้นและดำเนินปฏิกริยาไปจนเป็นสารสีน้ำตาลได้ และอีกอย่างคือตัว DHAA เองสามารถเกิดปฏิกริยาให้สีน้ำตาลโดยไม่ใช้ปฏิกริยาของเอนไซม์ดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ที่ระดับความเข้มข้นสูงวิตามินซีสามารถยับยั้งการทำงานของ PPO ได้ มีการใช้วิตามินซีและไอโซเมอร์ของมันคือกรดอีรีทอร์บิค (erythorbic acid; d-isoascorbic acid) ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในผลไม้สดและแช่แข็ง เช่น แอปเปิ้ลและท้อมาเป็นเวลาเกือบ 50 ปีมาแล้ว โดยเติมวิตามินซีและไอโซเมอร์ของมันลงในน้ำเชื่อม หรือเตรียมเป็นสารละลายสำหรับเคลือบผลไม้นอกจากนี้ยังมีการใช้ร่วมกับกรดซิตริคและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือแคลเซียม รวมทั้งมีการใช้ระบบสูญญากาศช่วยดูดอากาศออกจากช่องว่างของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สารละลายของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลกระจายอย่างทั่วถึงในผลิตภัณฑ์

สารที่ใช้แทนซัลไฟต์เหล่านี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิค หรือ กรออีรีทอร์บิค หรือ เกลือโซเดียมของกรดดังกล่าว และมักจะผสมร่วมกับสารอื่นอีก 1 หรือมากกว่า 1 เช่น กรดซิตริค หรือกรดอื่นๆ (acidulants) เกลือแคลเซียมฟอสเฟต โซเดียมคลอไรด์ ซีสเตอีน หรือสารกันเสีย เช่น โซเดียมเบนโซเอท (sodium benzoate) หรือ โปตัสเซียมเบนโซเอท (potassium benzoate) ตั้งแต่ปี 1986 มีสูตรยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลออกมาจำหน่ายโดยมีสัดส่วนของสารที่ใช้แตกต่างกันไปในแต่ละผู้ผลิตรวมทั้งปริมาณการใช้กับผลิตภัณฑ์ที่คล้ายๆกัน ก็มีความแตกต่างกันจนดูเหมือนว่าไม่มีความสอดคล้องกันในการใช้กรดแอสคอร์บิคอย่างเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์จำพวกผักและผลไม้

ผู้ผลิตสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลนั้นยอมรับตรงกันว่า อายุการเก็บของสินค้าสดที่ผ่านการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลมีอายุ 4-7 วัน การที่จะยืดอายุให้นานมากกว่านี้ จะต้องมีวิธีการอื่นเข้าร่วมด้วย เช่น การยืดอายุมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วโดยแช่ในสารละลายสารกันเสียในขณะขนส่งแล้วตามด้วยการใช้อีรีทอร์บิค หรือใช้ระบบการบรรจุแบบสูญญากาศเข้าร่วมด้วยเพื่อกำจัดออกซิเจนออกไป อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสูญญากาศนี้จะเปลี่ยนสีเร็วมากเมื่อผู้บริโภคเปิดภาชนะบรรจุออก และที่น่าวิตกมากไปกว่านี้ก็คือ การบรรจุแบบสูญญากาศอาจทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ คลอสตริเดียม โบทูลินัม *(Clostridium botulinum)* ซึ่งสามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายอย่างร้ายแรงออกมาได้

สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่มีวิตามินซีเป็นองค์ประกอบนั้น มักจะมีประสิทธิภาพไม่เท่ากับสารจำพวกซัลไฟต์ เพราะว่าสารพวกซัลไฟต์มีความคงตัวสูงกว่า และมีความสามารถในการแทรกซึมเข้าอาหารได้ดีกว่า ดังนั้นจึงมีการทดลองใช้อนุพันธุ์ของวิตามินซีที่มีความคงตัวมากกว่าวิตามินซีในการผลิตสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลสูตรต่างๆ เช่น การใช้กรดแอสคอร์บิค – 2 - ฟอตเฟต (Ascorbic acid – 2 – phosphates) ในสูตรสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของแอปเปิ้ลและมันฝรั่งซึ่งได้ผลในทางที่ดีกว่าเดิม มีการใช้แอสคอร์บิล ปาล์มิเทท (Ascorbyl palmitate) และเอสเทอร์อื่นๆ ของวิตามินซีกับกรดไขมัน ซึ่งใช้ได้ผลดีกับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ อย่างไรก็ตาม FDA ยังไม่ได้ตรวจพิสูจน์เพื่ออนุญาติให้ใช้แอสคอร์บิล ปาล์มิเททกับอาหาร นอกจากนี้ยังมีอนุพันธุ์ตัวอื่นของวิตามินซีได้แก่ กรดอัลฟากลูโคซิล แอสคอร์บิค (∝ - glucosyl ascorbic acid) ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่มีเอนไซม์อัลฟากลูโคซิเดส (∝ - glucosidase)

เราสามารถปรับปรุงการแทรกซึมตัวของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่มีวิตามินซีเป็นองค์ประกอบได้ด้วยการใช้ความดันหรือสุญญากาศเข้าช่วยแทนการฉีดพ่น อย่างไรก็ตามการที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้อาหารดูดซึมเอาสารละลายของสารกันการเกิดสีน้ำตาลมากเกินไป ก็จะส่งผลให้อาหารมีน้ำมากเกินไปและเกิดการเสื่อมสภาพของอาหารสดได้

3.2.3 การใช้สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO (PPO inhibitors)

มีสารหลายชนิดที่สามารถยับยั้งการทำงานของ PPO ได้ แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่ถูกพิจารณาใช้แทนซัลไฟต์ เช่น กรดซินนามิค (Cinnamic acid) และกรดเบนโซอิค (Benzoic acid) ซึ่งให้ผลดีมากเมื่อใช้ร่วมกับวิตามินซีในผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิ้ล สารยับยั้งเหล่านี้ยังใช้ได้ผลดีกับพื้นผิวหน้าตัดของผลแอปเปิ้ล แต่จะเหนี่ยวนำให้เกิดสีน้ำตาลภายใต้สภาวะบางอย่าง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbonmonoxide; CO) เป็นสารหนึ่งที่ถูกเสนอให้ใช้เป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดชนิดต่างๆ โดยการบรรจุเห็ดในภาชนะที่มีการดัดแปลงอากาศ (Modified atmosphere) ให้มี CO อยู่ด้วย ซึ่งจะต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้เกิดการรั่วไหลของ CO และจะต้องตรวจวัดระดับ CO อยู่เสมอเพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุเห็ด มีการใช้สาร 4 – เฮกซิลเรซอร์ซินอล (4 – hexylresorcinol) เป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกุ้ง และยังมีผู้เสนอให้ใช้สารนี้กับผักและผลไม้หลายชนิดโดยอ้างว่าสารนี้มีประสิทธิภาพในการใช้งานและมีความปลอดภัยเนื่องจากคนเราบริโภคสารชนิดนี้มาเป็นเวลาเนิ่นนานแล้ว

นอกจากนี้ยังพบว่ากรดโคจิค (Kojic acid) ที่ได้จากเชื้อรามีคุณสมบัติยับยั้ง PPO โดยการรบกวนการรับออกซิเจนของ PPO และยังรีดิวซ์สารออโท-ควิโนนส์ไปเป็นสารไดฟีนอล ทำให้ไม่มีการสร้างสารสีน้ำตาลขึ้นมา แม้ว่าสารนี้จะแสดงศักยภาพในการเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในทางปฏิบัติ แต่ก็ยังมีจุดที่ไม่ชัดเจนเกี่ยวกับคุณสมบัติในการเป็นสารก่อการกลายพันธุ์

3.2.4 การใช้สารที่ก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Complexing agent)

เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะที่จำเป็นต่อการทำงานของ PPO ถ้าสามารถกำจัดทองแดงออกได้ก็จะยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ สารที่ใช้ในการจับโลหะ (Chelating agent) ที่ใช้กันมากคือ เอทิลีนไดเอมีน เตตระอะซิติค แอซิด (Ethylenediamine tetraacetic acid; EDTA) แต่สารนี้ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง PPO ในลูกท้อและในชิ้นแอปเปิ้ล มีการใช้ EDTA ร่วมกับกรดโซเดียมไพโรฟอสเฟต (Sodium acid pyrophosphate) เพื่อควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วหลังจากผ่านการหุงต้ม นอกจากนี้ยังมีการใช้กรดซิตริกเป็นองค์ประกอบหนึ่งในสูตรสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งกรดซิตริคจะทำหน้าที่จับโลหะและคุณสมบัติที่เป็นกรดก็จะช่วยยับยั้ง PPO ด้วย สารจำพวกแอซิดิคโพลีฟอสเฟต (Acidic polyphosphate) เป็นสารที่สามารถจับโลหะ จึงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้โดยเฉพาะในผักและผลไม้หลายชนิด แต่สารนี้ยังไม่ได้รับการตรวจสอบให้ใช้กับอาหารได้โดย FDA

สารประกอบอื่นๆชนิดใดก็ตามที่สามารถจับหรือทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารที่เป็นสับสเตรทของ PPO ได้ ก็จัดว่าสารนั้นมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ เช่น โพลีไวนิล โพลีไพโรลลิโดน (Polyvinyl polypyrollidone; PVPP) ซึ่งใช้ในการทำน้ำแอปเปิ้ลให้ใส สารนำสามารถรวมตัวกับสารโพลีฟีนอล จึงป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ ในทำนองเดียวกันไซโคลเด็กซ์ตริน (Cyclodextrin) ก็สามารถจับกับสารโพลีฟีนอลและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน แต่ไซโคลเด็กซ์ตรินยังไม่ได้รับการตรวจพิสูจน์ให้ใช้กับอาหารโดย FDA

3.2.5 กรดอะมิโนที่ประกอบด้วยหมู่ซัลฟ์ไฮดริล (Sulfhydryl – containing amino acid)

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่า กรดอะมิโนซิสเตอีน สามารถยับยั้งการทำงานของ PPO ได้ โดยที่ซีสเตอีนไปทำปฏิกริยากับสารควิโนน แล้วเกิดเป็นสารประกอบที่มีความคงตัวและไม่มีสี จึงได้มีการใช้ซีสเตอีนเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในทางการค้ามาจนถึงทุกวันนี้ จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้พบว่าสารรีดิวซ์กลูทาไทโอน (Reduced glutathione) และเอน-อะเซทิล ซีสเตอีน (n-acetyl cysteine) มีประสิทธิภาพเกือบจะเท่ากับสารซัลไฟต์ ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ล มันฝรั่งและน้ำผลไม้สดหลายชนิด

3.2.6 สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลชนิดอื่นๆ (Other browning inhibitors)

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าสารประกอบอนินทรีย์จำพวกเฮไลด์ สามารถยับยั้ง PPO เช่น โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride; NaCl) ซึ่งเป็นสารหนึ่งที่ใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในทางการค้า การใช้โซเดียมคลอไรด์ซึ่งมีสถานะเป็น GRAS นั้น ถูกจำกัดด้วยรสเค็มของตัวมันเอง ซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride) ก็เป็นสารหนึ่งที่มีประสิทธภาพสูงในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ วิตามินซี และกรดซิตริค

การใช้น้ำผึ้งกับไวท์เกรพ (White grape) และชิ้นผลไม้ที่หั่นไว้แล้วนั้น สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าในน้ำผึ้งมีสารเปปไทด์ (Peptide) ขนาดเล็กที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 600 ดาลตัน (Dalton; 1 ดาลตัน = 1.661×10^{-24} กรัม) ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าที่น้ำผึ้งไปลดการละลายของออกซิเจนอันเนื่องจากน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มเข้ามา

มีรายงานว่าสารเคลือบที่กินได้ (Edible coating) ก็สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากเอ็นไซม์ในชิ้นเห็ด (Mushroom slice) ได้ และพบว่าสารเคลือบจำพวกโพลีแซคคาไรด์ (Sulfated polysaccharide) หลายชนิดได้แก่คาราจีแนน (Carrageenan) อะไมโลสซัลเฟต (Amylose sulfate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ไซแลนซัลเฟต (Xylansulfate) สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพในน้ำแอปเปิ้ล และชิ้นแอปเปิ้ล (Disce apple) นอกจากนี้ยังมีสารละลายวิตามินซี และไทโซโทรปิคกัม (Thixotropic gum) เช่น แซนแทน (Xanthan) เป็นสารยืดอายุผักและผลไม้สดที่ใช้ในการทำสลัด โดยที่สารละลายดังกล่าวจะเคลือบผักและผลไม้ไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนและหรือช่วยเพิ่มปริมาณของวิตามินซี ซึ่งผักผลไม้จะได้รับเมื่อแช่อยู่ในสารละลายดังกล่าว

มีการกล่าวอ้างว่าเอ็นไซม์โปรติเอส (Protease) สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับแอปเปิ้ล มันฝรั่งและกุ้ง ตัวอย่างเช่น พบว่าการทำงานของ PPO ในน้ำพลัม (Plum juice) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อผ่านน้ำพลัมลงไปในคอลัมน์ที่มีเอ็นไซม์โปรติเอสตรึงอยู่

นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากยางมะเดื่อที่ปราศจากเอ็นไซม์โปรติเอสนั้น ประกอบด้วยสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 5,000 ดาลตัน ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากเอ็นไซม์ได้

3.2.7 การกำจัดออกซิเจน (Exclusion of oxygen)

ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอ็นไซม์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีออกซิเจน ดังนั้นจึงสามารถยับยั้งไม่ให้เกิดปฏิกริยาได้โดยการแยกออกซิเจนออกจากการสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ วิธีนี้ได้ทำกันมามากกว่า 50 ปีแล้ว โดยการทำให้เกิดสุญญากาศกับชิ้นผลไม้ด้วยการเติมน้ำเชื่อม ซึ่งบางครั้งอาจผสมวิตามินซีลงไปด้วย การทำเช่นนี้ได้ผลดีเฉพาะกับผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่จะนำไปแช่แข็ง ไม่ควรใช้กับชิ้นผลไม้ที่จะแช่เย็นเพราะว่าจะเกิดการดึงน้ำออกจากชิ้นผลไม้

การลดออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆผลิตภัณฑ์บางอย่าง เช่น ผักกาดหั่นเป็นชิ้น หรือเห็ดสามารถทำได้โดยการบรรจุหีบห่อแบบดัดแปลงบรรยากาศ การดัดแปลงบรรยากาศนี้สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่ถ้ากำจัดออกซิเจนออกมากเกินไปก็จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ได้ อันเนื่องมาจากการเกิดเมตาบอลิซึมแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสลายและการเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ การกำจัดออกซิเจนนั้น ยังเป็นการเสี่ยงต่อการเกิดภาวะที่จะทำให้เชื้อคลอสตริเดียม โบทูลินัม เจริญขึ้นมาและสร้างสารพิษได้ ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากเชื้อดังกล่าว จึงควรเจาะรูภาชนะบรรจุเห็ดสดเพื่อให้อากาศเข้าไปได้ เนื่องจากเห็ดสดมีอัตราการหายใจสูงมาก จะได้ไม่เกิดภาวะการขาดออกซิเจน

3.2.8 ทางเลือกอื่นๆในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Other alternatives)

มีการทดลองใช้เครื่องกรองแบบอุลตราฟิลเตรชั่น (Ultrafiltration) กับการกรองไวน์ขาวแทนการเติมซัลไฟต์ลงในไวน์ขาว เพราะคาดว่าการกรองแบบนี้อาจช่วยแยก PPO ออกได้โดยที่ไม่ยากสารโพลีฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ หรือสารเริ่มต้นที่จะเกิดปฏิกริยาเมลลาร์ดต่อไปเมื่อเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่มไวน์เอาไว้ส่วนการเติมไนซิน (Nisin) ในไวน์เพื่อควบคุมการหมักแบบมาโลแลคติค (Malolactic fermentation) อาจจะไปลดปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ใช้ควบคุมการเสื่อมเสียที่จะเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย อีกวิธีหนึ่งคือ หลังจากซัลไฟต์ในไวน์แล้วจึงมาแยกกำจัดซัลไฟต์ออกภายหลังด้วยวิธีแลกเปลี่ยนไอออนและการใช้คาร์บอน

ความรุนแรงของการเกิดสีน้ำตาลจากเอ็นไซม์ที่ผิวหน้าตัดหรือผิวที่ปอกเปลือกของผักและผลไม้นั้น จะขึ้นอยู่กับว่าเนื้อเยื่อของพื้นผิวนั้นถูกทำให้เสียหายมากน้อยเพียงใด ด้วยวิธีการที่ใช้การปอกเปลือกมันฝรั่งด้วยมีดคมจะทำความเสียหายกว่าการปอกเปลือกด้วยการขัดถูหรือด้วยไอน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการหั่นมันฝรั่งด้วยวอเตอร์ เจท คัตติ้ง ซิสเตม (Water-jet cutting system) นั้น ทำความเสียหายต่อเซลล์ของพื้นผิวของมันฝรั่งมากกว่าการหั่นด้วยใบมีดคมๆ ซึ่งตาวจดูได้จากการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็ค ตรอน และการตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากพื้นผิวหน้าตัด

ผักและผลไม้ที่แตกต่างสายพันธุ์กันก็มีแนวโน้มที่จะเกิดสีน้ำตาลต่างกัน เนื่องจากแต่ละสายพันธุ์มี PPO และสารที่เป็นสับสเตรทของ PPO ปริมาณที่แตกต่างกัน จึงเกิดสีน้ำตาลได้มากน้อยไม่เท่ากัน ดังนั้นการเลือกใช้สายพันธุ์ผักและผลไม้ที่เกิดสีน้ำตาลได้ช้าก็จะมีประโยชน์ในแง่ที่ช่วยลดการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ตัวอย่างของผักผลไม้ที่เกิดสีน้ำตาลได้ช้า ได้แก่ มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติค (Atlantic potato) แอปเปิ้ลพันธุ์เอ็มไพร์ และแอปเปิ้ลพันธุ์แกรนนี่สมิท (Empire apple & Granny Smith apple) การที่จะปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้พืชที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลน้อยนั้นอาจจะต้องใช้วิธีทางพันธุวิศวกรรม และวิธีผสมพันธุ์แบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ลักษณะและคุณภาพของเห็ดสด

4.1 สรีระวิทยาของเห็ดและสิ่งที่ชี้วัดคุณภาพของเห็ดสด

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าเห็ดมีคุณประโยชน์มากมายเป็นทั้งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีคุณสมบัติทางยา ดังนั้นในปัจจุบันรวมถึงในอนาคต เห็ดจะเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก ทำให้มีการศึกษาถึงวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดให้สดจนถึงมือผู้บริโภคเพื่อคงคุณค่าทางอาหารเอาไว้ให้มากที่สุด เพราะฉะนั้นคุณภาพของเห็ดสดจึงเป็นสิ่งที่สำคัญและควรจะมีสิ่งที่สามารถชี้วัดคุณภาพของเห็ดได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้บริโภคเป็นหลักซึ่งเป็นการดูด้วยตาเปล่า เราจึงใช้หลักทางสรีระวิทยาของเห็ดเข้ามาร่วมพิจารณาด้วย

4.1.1 สี (color) ปกติเห็ดสดจะมีสีขาวเกือบทั้งหมด แต่จะมีเอนไซม์ซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะที่จะมีปฏิกิริยากับสารในเซลล์ กลายเป็นสารประกอบที่มีสี หนึ่งในเอนไซม์นั้นก็คือ Monophenolmonooxidase (Tyrosinase) (Nichols, 1985) ในช่วงการเจริญโดยทั่วไปจะมีกลไกการป้องกันทางกายภาพ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์เก็บเอนไซม์ไว้และสารต่างๆจากส่วนอื่นๆก็จะมารวมตัวกันเป็นสารประกอบ ซึ่งจะมีสองการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกันอยู่คือ phenol เป็นสารไม่มีสีจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น quinones ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบสี ชมพู, สีม่วงหรือ สีน้ำตาล สีที่เปลี่ยนไปนี้ผู้บริโภคสามารถแยกแยะออกได้ด้วยตาซึ่งมันก็เป็นสิ่งที่ชี้วัดถึงความไม่สดของเห็ด

4.1.2 ปริมาณน้ำ (water content) เห็ดสดประกอบด้วยน้ำถึงร้อยละ 90 แสดงว่าน้ำที่ระเหยออกจากเห็ดสดนั้น เป็นอัตราส่วนของน้ำที่เป็นอิสระอยู่ที่ผิวเห็ด (Nichols, 1985) เป็นผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำที่มากเกินไปออกไปจากเห็ด ทำให้เห็ดแห้งสนิท จนเกิดรอยย่น เปราะ และหมวกกับก้านขดม้วนเข้า สิ่งเหล่านี้สัมพันธ์กับการสูญเสียความสดของเห็ดไป

4.1.3 สรีระวิทยาของการเก็บเกี่ยวเห็ด การเจริญเติบโต การแก่และการสลายตัวของเห็ดสดนั้น มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราการหายใจของเห็ด ซึ่งอัตราการหายใจของเห็ดสดนั้นสูงกว่าผักสดชนิดอื่นๆ เช่น มะเขือเทศ กะหล่ำปลี ผลโดยตรงของการหายใจคือ การใช้สารประกอบ เช่น แมนนิทอล (Mannitol) ในระหว่างการเจริญเติบโต ก่อนการเก็บเกี่ยว

สรุปลักษณะสำคัญของเห็ดสดได้ดังนี้

- เห็ดสดยังมีเมทาบอลิซึมในระยะหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง การเก็บรักษา จนถึงการนำออกขาย
- ในกระบวนการเมทาบอลิซึม เห็ดจะใช้ออกซิเจนแล้วปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำออกมา ซึ่งนำไปสู่สภาวะไม่มีออกซิเจน (anaerobic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเห็ดสดหายใจในสภาวะไม่มีออกซิเจน Glycolytic pathway จะเกิดขึ้นแทน Citric acid pathway (Kreb's cycle) กรดไพรูวิค (pyruvic acid) เกิดดีคาร์บอกซิเลท (decarboxylate) ไปเป็นเอทธานอล ทำให้เนื้อเยื่อเห็ดถูกทำลายและเสียรสชาดไป
- สารที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการหายใจของเห็ดคือ เอทธีลีน ซึ่งเป็นสารที่กระตุ้นการสุกในพืชผักผลไม้ มันจะเปลี่ยนเห็ดที่สดให้แก่เร็วขึ้น เกิดสีที่เปลี่ยนไปและเกิดความกระด้างในเนื้อเห็ด
- ปฏิกิริยาชีวเคมีบางปฏิกิริยา เช่น การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic Browning) จะส่งผลที่ไม่ดีต่อคุณภาพของเห็ดสด เราสามารถลดหรือควบคุมปฏิกิริยาเหล่านี้ได้โดย ควบคุมความเข้มข้นของออกซิเจน และความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์

4.2 ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพของเห็ดสด

ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพของเห็ดสดมีอยู่ 2 สิ่งใหญ่ๆ (Xiong, 2000) คือ

4.2.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลกระทบต่อคุณภาพของเห็ดสดโดยที่มีผลกับ เอนไซม์ในเห็ด ปริมาณน้ำ และการเจริญของจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเห็ดเป็นการควบคุมโดยเอนไซม์ และอุณหภูมิก็มีผลกระทบต่อความสามารถในการกระตุ้นของเอนไซม์ โดยที่ความสามารถในการกระตุ้นจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียสโดยประมาณ และจะลดลงครึ่งหนึ่งเมื่ออุณหภูมิลดลงทุกๆ 10 องศาเซลเซียสเช่นกัน

4.2.2 แก๊ส เราต้องการบรรจุภัณฑ์ให้กับเห็ดสดเพื่อป้องกันการทำลายจากแมลง ฝุ่น หรือสิ่งต่างๆที่อาจทำให้เกิดความเสียหายแก่เห็ดได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้กับเห็ดสด และเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ จึงต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการบรรจุเห็ดลงในบรรจุภัณฑ์

1) ออกซิเจน(oxygen) ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนจะถูกรักษาไว้ให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ให้ต่ำกว่าระดับที่จะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาชีวเคมี ที่เป็นผลมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส(polyphenoloxidase) และในขณะเดียวกันระดับของออกซิเจนที่ต่ำนี้ยังสามารถลดอัตราการหายใจของเห็ดได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามก็มีการกำหนดเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะพวกที่สามารถหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนเช่น *Clostridium botulinum* เราจึงต้องรักษาสภาพที่มีออกซิเจนเอาไว้ มิฉะนั้นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเจริญเติบโตและสร้างสารพิษและทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ

2) คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide)จำเป็นใน Modified Atmosphere Packaging (MAP) เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีซึ่งเกิดจากการกระตุ้นของเอนไซม์ อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หายใจของเห็ดนั้นสามารถยับยั้งหรือทำให้ช้าลงโดยการควบคุมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ แต่ถ้ามีคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินระดับที่เห็ดจะทนได้จะกระตุ้นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารที่ทำให้กลิ่นและรสของเห็ดเสียไป นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ(Gram-negative aerobic spoilage bacteria) ได้เช่น *Pseudomonas spp.* และยังมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์โดยตรงอีกด้วย

3) ไอน้ำ (water vapor) เป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ซึ่งเป็นผลจากการหายใจ ถ้ามีไอน้ำมากเกินไปและไม่สามารถระบายออกนอกบรรจุภัณฑ์ได้ จะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำ ทำให้ผิวของเห็ดเปียกชื้น เป็นสภาวะที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในทางกลับกันถ้าเราไม่รักษาระดับความชื้นไว้ในบรรจุภัณฑ์ เห็ดก็จะเกิดการสูญเสียความชุ่มชื้นออกจากเนื้อเยื่อซึ่งทำให้เห็ดแห้งสูญเสียน้ำหนักและความสดไป

5. การเสื่อมคุณภาพของเห็ด

อายุการเก็บรักษาของเห็ดนั้นสั้นมากเมื่อเทียบกับผัก เนื่องจากเห็ดไม่มี cuticle ที่จะมาป้องกัน การกระทบกระแทก ขีดข่วน, การสูญเสียน้ำ และการป้องกันจุลินทรีย์ นอกจากนี้เห็ดยังมีอัตราการหายใจสูงและมีน้ำมาก ทำให้เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย และยังเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ง่ายอีกด้วย

การเสื่อมคุณภาพของเห็ดเกิดจากปัจจัย 3 อย่าง (Brennan and Gormley 1998) คือ

5.1 การสูญเสียน้ำออกจากเซลล์

เนื่องจากเห็ดมีอัตราการหายใจและการคายน้ำสูง และไม่มีสิ่งที่เคลือบผิวตามธรรมชาติที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำออกนอกเซลล์ จึงทำให้เห็ดมีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ง่ายและรวดเร็ว ทำให้เห็ดมีลักษณะที่เหี่ยว เหนียวและแห้ง จึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ด้วยเหตุนี้วัตถุประสงค์หลักของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบันคือป้องกันไม่ให้เห็ดแห้ง แต่ก็ต้องคำนึงถึงการระบายความชื้นออกไปด้วยเพราะถ้าภายในบรรจุภัณฑ์มีความชื้นจากการคายน้ำของเห็ดมากเกินไปจะทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำหยดลงบนผิวเห็ด เมื่อผิวเห็ดเปียกชื้นก็จะทำให้มีแบคทีเรียเจริญได้ดีขึ้น การใช้ฟิล์มห่อหุ้มจึงต้องมีการเจาะรูเพื่อระบายความชื้นออกไปบ้างและช่วยป้องกันการเกิดสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนป้องกันการเจริญของเชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งเจริญได้ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ นอกจากนี้ยังมีการใช้วัสดุดูดซับความชื้นลงไปในบรรจุภัณฑ์ด้วย

5.2 การเกิดสีน้ำตาล (browning)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้พบว่าเป็นปัญหาอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร การเกิดสีน้ำตาลในเห็ดขณะทำการเก็บรักษาค่อนข้างจะเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน (Gormley and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MacCanna 1967) ในความเป็นจริงแล้วสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเซลล์ของเห็ดนั้นเพียงแค่ได้รับแรงดัน ก็ไปมีผลต่อความสมบูรณ์ของเซลล์เห็ดได้ เช่น การสะเทือน การสัมผัสแรงๆ โดยไม่ระมัดระวัง รวมทั้งอายุของเห็ดด้วย (Guthrie, 1984)

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase,PPO) พบได้ที่บริเวณหมวกและก้านเห็ด ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่สำคัญ จัดว่าเป็นเอนไซม์ที่บรรจุธาตุทองแดง (Vámos-Vigyázó, 1981) ซึ่งเร่ง 2 ปฏิกิริยา คือ

1) ปฏิกิริยา Hydroxylation สาร Monophenol ให้กลายเป็นสารประกอบพวก *o*-dihydroxy phenol

2) ปฏิกิริยา Oxidation สาร *o*-dihydroxy phenol ให้กลายเป็น *o*-quinone ซึ่งจะรวมตัวเพื่อสร้างรงควัตถุเป็นสารสีน้ำตาล (Long and Alben, 1969; H. Stussi and Rats, 1981)

การเกิดสีน้ำตาลในเห็ดนั้นอาจเกิดจากแบคทีเรียหรือเชื้อราที่ติดมากับเนื้อเยื่อเห็ดก็ได้ อย่างแบคทีเรีย *Pseudomonas tolaasii* ก็เป็นแบคทีเรียพื้นฐานที่สามารถสร้างสารพิษแก่เห็ดได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมเป็นต้น โดยอาการได้รับพิษนี้จะแสดงออกมาในรูปของการเกิดสีน้ำตาล (Paine, 1919; Royse and Wuest, 1980)

5.3 จุลินทรีย์

การเสื่อมเสียของเห็ดเนื่องจากจุลินทรีย์นั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญของ pseudomonad bacteria เมื่อแบคทีเรียเหล่านี้เจริญ จะไปทำลายเส้นใยของเห็ดทำให้เห็ดมีลักษณะนิ่ม ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ได้ และสปีชีส์หลักที่พบส่วนใหญ่คือ *Pseudomonas tolaasii* ซึ่งผลิตสารพิษที่ทำให้เซลล์แตก เกิดสารสีน้ำตาลขึ้นที่ผิวเป็นบาดแผลแสดงว่าเห็ดเป็นโรค “bacterial blotch” (Brennan and Gormley 1998) เชื้อราบางก็มีผลต่อคุณภาพของเห็ดด้วย เช่นถ้ามี *Verticillium maltousei* ปนเปื้อน จะแสดงออกมาในรูปของจุดสีน้ำตาล (Salunkle and Desai, 1984) มีการศึกษาพบว่ารังสีแกมมาในปริมาณต่ำสามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และสามารถยืดอายุเห็ดได้ 2 ถึง 10 วัน (Beaulieu et al, 1992; S. Gautam et al, 1998) และการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถช่วยรักษาคุณภาพของเห็ดไว้ได้โดยลดอัตราการเจริญของแบคทีเรีย (Gormley, 1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 4 ตำแหน่ง (METTLER TOLEDO AG 204)
2. เครื่องวัดพีเอช (Cyber Scan 2000, RS 232)
3. เครื่องวัดสี (Minolta CR-300)
4. Hand refractometer (0-32 °brix)
5. เครื่องแก้ว
6. ปิเปต
7. บิวเรตต์
8. ขวดรูปกรวย
9. มีด
10. ที่คั้นน้ำผลไม้
11. ฟิล์มหุ้มอาหาร
12. ถาดโฟมบรรจุอาหาร

3.2 สารเคมี

1. ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์
2. สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริค
3. สารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน
4. Tryptic Soy Agar (TSA)

3.3 วัตถุดิบ

1. มะนาวพันธุ์แป้น
2. สับปะรดพันธุ์ศรีราชา
3. เห็ดนางรมสดพันธุ์ฮังการี อายุประมาณ 4 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง

3.4.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาในการจุ่มดอกเห็ดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเห็ดนางรม

โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นร้อยละ 0, 3 และ 6 ระยะเวลาในการจุ่มเห็ดนางรมเป็น 0 , 15 และ 30 วินาที แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพของเห็ดนางรมได้แก่

3.4.1.1. การทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี Agar diffusion

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของเห็ด

โดยทำการคัดแยก (Isolate) เชื้อแบคทีเรียจากดอกเห็ดที่เน่าเสียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA โดยไม่ระบุชี้ชนิด (Identified) ของแบคทีเรียที่แยกได้ จากนั้นนำเอาแบคทีเรียที่แยกได้มาทำการเจือจางในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ทดสอบประมาณ 10^4 CFU/ml แล้วนำมาแพาะเลี้ยงบนอาหาร TSA ที่ได้เตรียมไว้โดยใช้วิธี spread plate แล้วจึงนำไปทดสอบกับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ0,3 และ 6) โดยใช้แผ่นกระดาษทดสอบ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาตร 30 ไมโครลิตร หยดลงบนแผ่นทดสอบ นำแผ่นทดสอบวางลงบนผิวหน้าอาหารวุ้นซึ่งได้ทำการ spread plate เชื้อแบคทีเรียไว้แล้ว ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งโดยวัดขนาดความกว้างของบริเวณโปร่งใส (Clear zone) ที่ไม่มีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทดสอบ แล้วนำมาคำนวณตามสูตร

$$W = (T-D)/2$$

โดยที่ W = ความกว้างบริเวณส่วนใสที่ถูกยับยั้ง

T = ความกว้างรวมของบริเวณส่วนใสและแผ่นทดสอบ

D = ความกว้างของแผ่นทดสอบ (disc)

3.4.1.2. ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อคุณภาพทางด้านสีบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม

แบ่งเห็ดนางรมเป็น 9 ชุดการทดลอง (ชุดละ 4 ดอก) แล้วทำการทดสอบดังนี้ ชุดที่ 1-3 นำดอกเห็ดไปชุบน้ำกลั่นเป็นเวลา 0 , 15 และ 30 วินาที ตามลำดับ

ชุดที่ 4-6 นำดอกเห็ดไปชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 0, 15 และ 30 วินาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดที่ 7-9 นำดอกเห็ดไปชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6 เป็นเวลา 0, 15 และ 30 วินาที ตามลำดับ

นำเห็ดในแต่ละชุดวางบนถาดโฟม หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกใสโดยระวังไม่ให้แผ่นฟิล์มกดทับผิวเห็ด ทำการเจาะรูเพื่อให้อากาศถ่ายเท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ วัดการเปลี่ยนแปลงทางสีด้วยเครื่องวัดสีในระบบ $L^*a^*b^*$ แต่ละดอกจะทำการวัดค่าทั้งหมด 4 บริเวณ ตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยทุกครั้งที่ทำการวัดค่าสีของเห็ดแต่ละดอกนั้นจะวัดที่บริเวณเดิมตลอดการทดลอง บันทึกผลค่า L^* และ b^*

3.4.1.3. ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อคุณภาพของเห็ดนางรมโดยประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

โดยสังเกตและบันทึกลักษณะการเปลี่ยนสีน้ำตาลและการเกิดบาดแผลที่ปรากฏบนผิวของดอกเห็ดทุก 2 วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์

3.4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำผลไม้ในการลดการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดนางรม

3.4.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้

โดยทำการคัดเลือกผลไม้ 2 ชนิด ได้แก่ มะนาวและสับปะรด นำมาคั้นน้ำแล้วตรวจสอบทางด้านเคมี คือ

1. วัดปริมาณความเป็นกรดด่างโดยใช้ pH meter
2. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ Hand refractometer
3. วัดปริมาณกรดแอสคอร์บิค โดยใช้วิธี AOAC (1990)

3.4.2.2. ผลของน้ำผลไม้ต่อคุณภาพทางสีบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม

เตรียมน้ำผลไม้โดยคั้นน้ำผลไม้ 2 ชนิด คือ สับปะรดและมะนาว จากนั้นแบ่งเห็ดนางรมเป็น 3 ชุดการทดลอง (ชุดละ 4 ดอก) ทำการทดสอบดังนี้

ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุมนำไปชุบน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 วินาที

ชุดที่ 2 นำไปชุบน้ำสับปะรดเป็นเวลา 10 วินาที

ชุดที่ 3 นำไปชุบน้ำมะนาวเป็นเวลา 10 วินาที

นำเห็ดในแต่ละชุดวางบนถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกใส โดยระวังไม่ให้แผ่นฟิล์มกดทับผิวเห็ด ทำการเจาะรูเพื่อให้อากาศถ่ายเท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส วัดการเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ดด้วยเครื่องวัดสีในระบบ $L^*a^*b^*$ โดยแต่ละดอกจะทำการวัดค่าทั้งหมด 4 บริเวณ ตรวจสอบคุณภาพที่เวลา 2 , 4 , 7 วัน โดยทุกครั้งที่ทำการวัดค่าสีของเห็ดแต่ละดอกนั้นจะวัดที่บริเวณเดิมตลอดการทดลอง บันทึกผลค่า L^* และ b^*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3. ผลของน้ำผลไม้ต่อคุณภาพของเห็ดนางรมโดยประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

โดยการสังเกตและบันทึกลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลและการเกิดบาดแผลที่ปรากฏบนผิวของดอกเห็ดทุก 2 วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์

3.4.3 ศึกษาผลของการใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรม

โดยนำเห็ดนางรมมาชุบในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และน้ำผลไม้ที่เหมาะสมจากการทดลอง 3.4.1 และ 3.4.2 แล้วบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกใสเจาะรูให้อากาศถ่ายเท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ตรวจวิเคราะห์คุณภาพของเห็ดโดยวัดค่าสีในระบบ $L^*a^*b^*$ บันทึกผลค่า L^* และ b^* และลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลและการเกิดบาดแผล ทำการตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

3.4.5 วิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาในการชุบที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเห็ดนางรมในระหว่างการเก็บรักษา

4.1.1 ประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของเห็ดนางรม

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยหยดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0 (น้ำกลั่น) , 3 และ 6 ด้วยไมโครปิเปตต์ลงบนแผ่นกระดาษทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร วางบนอาหารที่ spread plate ด้วยแบคทีเรียที่มีจำนวนเซลล์เริ่มต้น 10^4 เซลล์/มิลลิลิตร ได้ผลดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	ค่าเฉลี่ยความกว้างทั้งหมด (ซม.)	ค่าเฉลี่ยรัศมีเฉพาะบริเวณส่วนใส (ซม.)
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	0.60	0.00[a]
3%	2.25	0.82[b]
6%	2.86	1.13[c]

จากการทดสอบพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยรัศมีเฉพาะบริเวณส่วนใสเท่ากับ 1.13 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรัศมีเฉพาะบริเวณส่วนใสเท่ากับ 0.82 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9 แสดงประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของเห็ดนางรม

เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทดลองนี้ เราทดสอบกับแบคทีเรียที่คัดแยกมาจากเห็ดนางรมที่เน่าเสียซึ่งได้มีรายงานว่าแบคทีเรียที่มักเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของเห็ดสด ได้แก่ *Pseudomonas* ดังนั้นจึงคาดว่าแบคทีเรียที่คัดแยกได้น่าจะเป็น *Pseudomonas* ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียที่คัดแยกได้มีรูปร่างเป็นท่อนสั้น (Short rod) ติดสีย้อมแกรมลบ มีลักษณะการเจริญบนอาหาร TSA เป็นสีครีม ซึ่งผลการทดสอบพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีผลในการยับยั้งแบคทีเรียที่คัดแยกจากเห็ดนางรมเพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์บนผิวเห็ดนางรมจริง ฉะนั้นจากผลการทดลองเพียงเท่านี้ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่นอนว่าถ้านำไปใช้กับเห็ดนางรมสดจริงจะมีประสิทธิภาพมากน้อยแตกต่างกับผลการทดลองนี้หรือไม่ เนื่องจากการทดสอบกับเห็ดนางรมสดโดยตรงนั้นทำได้ค่อนข้างยาก เพราะเห็ดแต่ละดอก มีจุลินทรีย์เริ่มต้นไม่เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

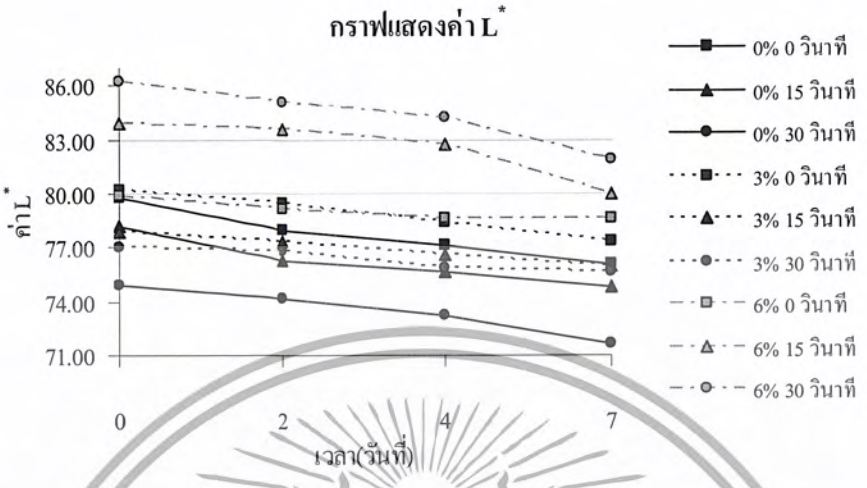
4.1.2 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาล

ถึงแม้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นอกจากมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ก็ยังมีความจำเป็นที่จะคำนึงถึงผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรมด้วย โดยทำการวัดค่าสีในระบบ $L^*a^*b^*$ ซึ่งในที่นี้จะศึกษาเฉพาะค่า L^* (ค่าแสดงความสว่าง ; 0 = สีดำ , 100 = สีขาว) และค่า b^* (ค่าแสดงสีเหลือง/สีน้ำเงิน ; + = สีเหลือง , - = สีน้ำเงิน) ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* บริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น H_2O_2 (ร้อยละ)	ระยะเวลาการชุบ (วินาที)	ค่าเฉลี่ยของ L^* value				การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ลดลง
		วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	
0 (น้ำกลั่น)	0	79.76	78.03	77.11	76.06	3.69^{bcd}
	15	78.17	76.35	75.67	74.78	3.39^{abcd}
	30	74.87	74.23	73.23	71.62	3.25^{abcd}
3	0	80.25	79.44	78.44	77.41	2.84^{abcd}
	15	77.84	77.32	76.59	75.96	1.88^{abc}
	30	77.08	76.83	75.82	75.64	1.44^{ab}
6	0	79.91	79.16	78.62	78.65	1.26^{a}
	15	83.93	83.62	82.78	80.04	3.89^{cd}
	30	86.25	85.08	84.24	81.91	4.34^{d}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

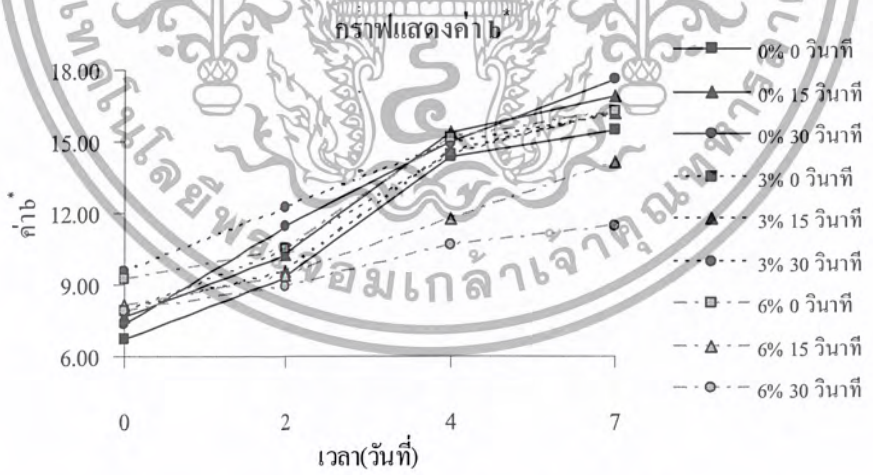
เมื่อเวลาผ่านไปค่า L^* มีแนวโน้มลดลงทุกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ถ้าพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ชุบเห็ด เมื่อชุบเห็ดเป็นเวลานานขึ้น พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 0 และ 3 ค่า L^* ที่ลดลงจะลดในอัตราที่น้อยลง ในขณะที่ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 6 เปอร์เซ็นต์ ค่า L^* ที่ลดลงจะลดในอัตราที่มากขึ้น อาจเป็นเพราะความเข้มข้นที่มากเกินไปอาจมีผลทำลายโครงสร้างที่ผิวของดอกเห็ดซึ่งมีผลทำให้สีของดอกเห็ดเปลี่ยนแปลงไป

สำหรับการศึกษาค่า b^* (ค่าแสดงสีเหลือง/น้ำเงิน ; + = สีเหลือง , - = สีน้ำเงิน) ได้ผลดังตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* บริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น H_2O_2 (ร้อยละ)	ระยะเวลาการชุบ (วินาที)	ค่าเฉลี่ยของ b^* value				การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่เพิ่มขึ้น
		วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	
0 (น้ำกลั่น)	0	6.68	9.32	14.39	15.45	8.77^{d}
	15	7.67	10.25	15.42	16.92	9.25^{de}
	30	7.32	11.47	15.03	17.60	10.28^{e}
3	0	7.90	10.42	14.42	16.24	8.34^{d}
	15	8.00	9.53	14.64	16.16	8.16^{cd}
	30	9.56	12.20	14.91	16.14	8.58^{b}
6	0	9.25	10.52	15.12	16.29	7.04^{bc}
	15	8.16	9.39	11.79	14.10	5.94^{b}
	30	7.93	8.88	10.63	11.47	3.54^{a}



รูปที่ 11 แสดงผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ชุบเห็ด เมื่อชุบนานขึ้น พบว่าค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับค่า L^* ที่ลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 0 , 3 และ 6 พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า L^* ที่ร้อยละ 6 จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่น้อยกว่าที่ร้อยละ 0 และ 3 ดังจะเห็นจากรูปที่ 11

นอกจากที่เราศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่า L^* และค่า b^* แล้ว ยังต้องพิจารณาคุณภาพของเห็ดทางประสาทสัมผัสอีกประการหนึ่ง คือ ลักษณะปรากฏทางสายตาในเรื่องของการเกิดบาดแผลและการเกิดสีน้ำตาลร่วมด้วย ซึ่งจากการสังเกตพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลทุกความเข้มข้น โดยสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นบริเวณขอบของดอกเห็ดก่อนแล้วกินบริเวณมากขึ้น ส่วนบาดแผลที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นรอยช้ำ สีคล้ำที่บริเวณผิวของดอกเห็ด ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆต่อลักษณะที่ปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางรมเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น	ระยะเวลา	ลักษณะที่ปรากฏ (การเกิดบาดแผล / การเกิดสีน้ำตาล)			
H_2O_2 (ร้อยละ)	การชุบ (วินาที)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7
0 (น้ำกลั่น)	0	-/-	+/+	+/+	+/++
	15	-/-	+/+	+/+	+/++
	30	-/-	+/+	+/+	+/++
3	0	-/-	+/+	++/+	++/+++
	15	-/-	-/+	+/+	+/+
	30	-/-	-/+	+/+	+/++
6	0	-/-	+/+	++/++	+++/+++
	15	-/-	+/+	++/+	++/++
	30	-/-	+/+	+/+	++/++

หมายเหตุ - = ไม่เปลี่ยนแปลง + = เกิดขึ้นเล็กน้อย
++ = เกิดขึ้นปานกลาง +++ = เกิดขึ้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 เวลา 15 และ 30 วินาที จะเกิดสีน้ำตาลและเกิดบาดแผลช้ากว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลช้ากว่าเมื่อเทียบกับชุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 แสดงได้ดังรูปที่ 12-14

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 12 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบน้ำกลั่น (ก) 0 วินาที (ข) 15 วินาที (ค) 30 วินาที เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)

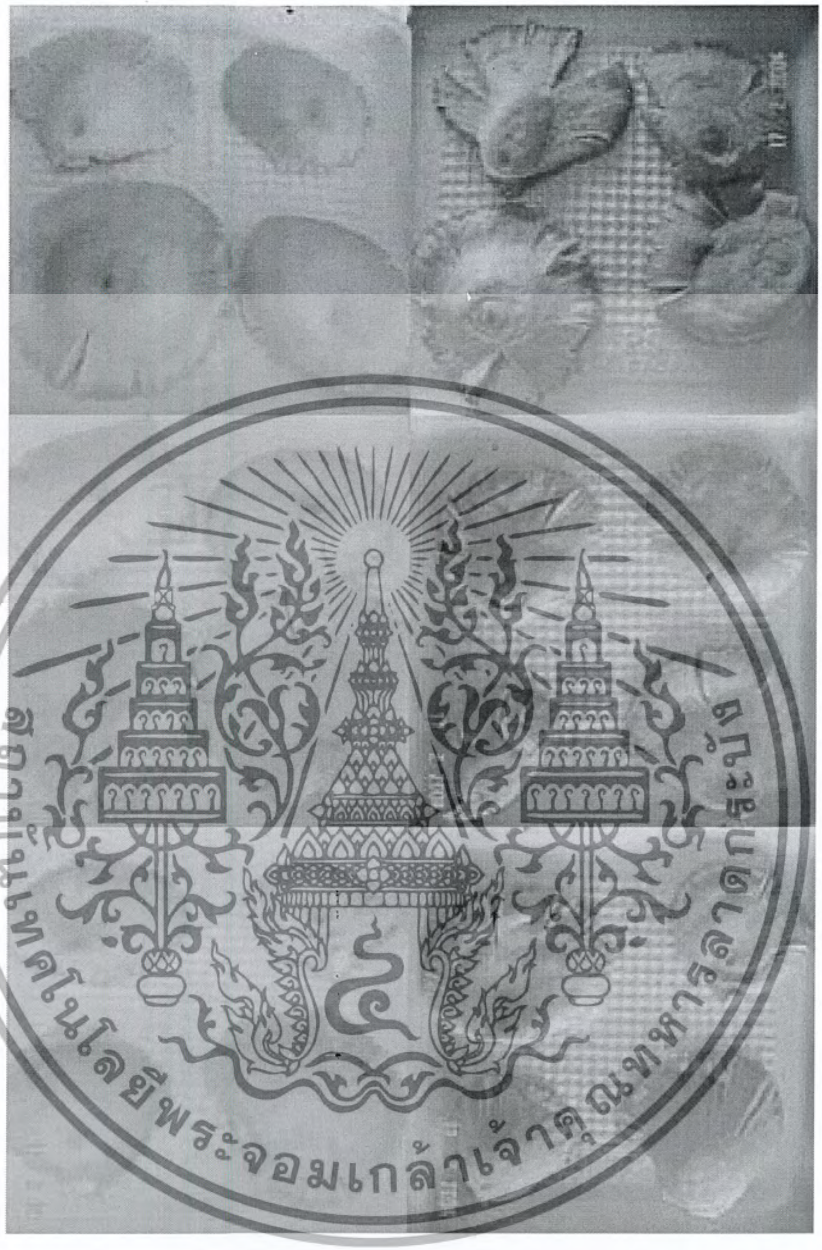
รูปที่ 13 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 (ก) 0 วินาที (ข) 15 วินาที (ค) 30 วินาที เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)



รูปที่ 14 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6 (ก) 0 วินาที (ข) 15 วินาที (ค) 30 วินาที เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 จะให้ผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดีกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ในอัตราที่น้อยกว่าความเข้มข้นร้อยละ 3 แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่ปรากฏพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 จะเกิดบาดแผลและสีน้ำตาลมากกว่าและเร็วกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 จึงพิจารณาเลือกใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 เวลา 15 วินาที ซึ่งมีลักษณะปรากฏดีที่สุด แม้ว่าในวันที่ 7 ลักษณะปรากฏต่างๆจะมีลักษณะใกล้เคียงกันก็ตาม

4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้

น้ำผลไม้หลายชนิดมีองค์ประกอบที่มีผลต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้เช่น กรดแอสคอร์บิค เป็นต้น และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำสับปะรดและน้ำมะนาวพบว่าน้ำสับปะรดมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3.55 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 12.95 องศาบริกซ์ มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 33.24 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ส่วนน้ำมะนาวมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2.54 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 7.87 องศาบริกซ์ มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 36.69 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้

ชนิดน้ำผลไม้	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	ปริมาณกรดแอสคอร์บิค (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร)
น้ำสับปะรด	3.55	12.95	33.24
น้ำมะนาว	2.54	7.87	39.69

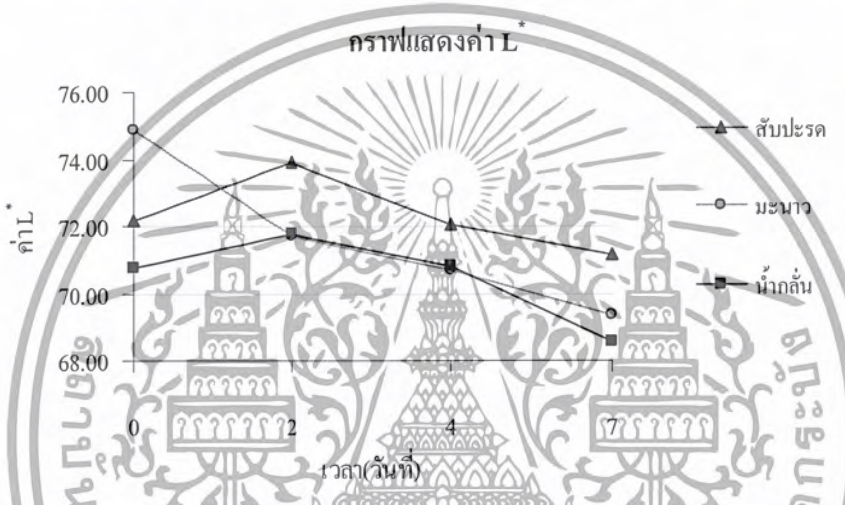
4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดนางรมโดยใช้น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ

เมื่อชุบเห็ดด้วยน้ำมะนาวพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า L^* และค่า b^* มีมากกว่าเห็ดในชุดควบคุมที่ชุบน้ำกลั่น ขณะที่เห็ดที่ชุบน้ำสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลจากการความเป็นกรดของน้ำมะนาวที่อาจมีผลต่อเปลี่ยนแปลงของสี โดยได้ผลการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของการชุบเห็ดด้วยน้ำมะนาวมีค่าเท่ากับ 5.50 ส่วนชุดที่ชุบน้ำกลั่นและน้ำสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงกับ 2.19 และ 1.00 ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงได้ดังตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ผลของน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม

ชนิดของน้ำผลไม้	ค่าเฉลี่ยของ L^* value				การเปลี่ยนแปลง
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	ค่า L^* ที่ลดลง
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	70.74	71.77	70.82	68.55	2.19[a]
น้ำสับปะรด	72.16	73.89	72.08	71.16	1.00[a]
น้ำมะนาว	74.85	71.70	70.68	69.36	5.50[b]



รูปที่ 15 แสดงผลของการชุบน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

สำหรับการศึกษาค่า b^* (ค่าแสดงสีเหลือง/น้ำเงิน ; + = สีเหลือง , - = สีน้ำเงิน) พบว่าค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองซึ่งเห็ดที่ชุบน้ำมะนาวพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า b^* เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 10.17 รองลงมาคือชุดที่ชุบน้ำกลั่นซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 4.79 และชุดที่ชุบน้ำสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยสุดเท่ากับ 3.57 แสดงได้ดังตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพของน้ำผลไม้ชนิดต่างๆในการลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวเห็ด

ชนิดของน้ำผลไม้	ค่าเฉลี่ยของ b* value				การเปลี่ยนแปลงค่า b* ที่เพิ่มขึ้น
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	
0 (น้ำกลั่น)	9.17	8.41	11.15	13.96	4.79[b]
น้ำสับปะรด	9.85	9.59	11.70	13.42	3.57[a]
น้ำมะนาว	10.46	15.15	17.35	20.63	10.17[c]

รูปที่ 16 แสดงผลของการชุบน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ที่ผิวเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาค่า L* และค่า b* พอที่จะสรุปได้ว่าการชุบเห็ดด้วยน้ำสับปะรดให้ผลการเก็บรักษาเห็ดนางรมสดได้ดีกว่าน้ำมะนาวและน้ำกลั่นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่น้อยที่สุด เมื่อศึกษาถึงลักษณะปรากฏร่วมด้วย พบว่าให้ผลการทดลองสอดคล้องกันดังตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลกระทบจากน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อลักษณะที่ปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและการเกิดสีน้ำตาล ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ชนิดของน้ำผลไม้	ลักษณะที่ปรากฏ (การเกิดบาดแผล / การเกิดสีน้ำตาล)			
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7
น้ำกล้น	-/-	-/+	-/+	-/++
น้ำสับปะรด	-/-	-/+	-/+	-/+
น้ำมะนาว	-/-	-/+	-/++	-/+++

หมายเหตุ - = ไม่เปลี่ยนแปลง + = เกิดขึ้นเล็กน้อย
++ = เกิดขึ้นปานกลาง +++ = เกิดขึ้นมาก

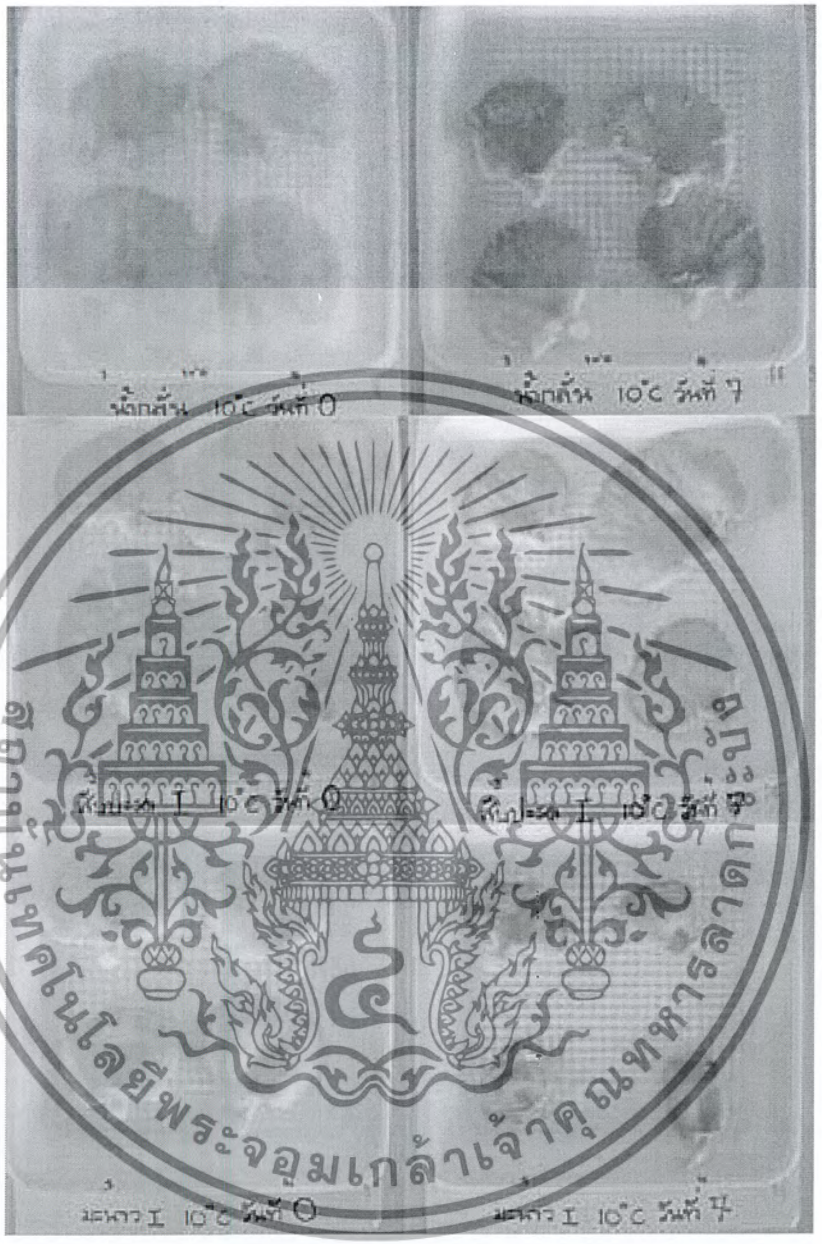
จากผลการทดลองเห็ดชุดที่ชุบน้ำมะนาวจะเกิดสีน้ำตาลง่าย, เร็ว และมากกว่าเห็ดที่ชุบน้ำกล้นและน้ำสับปะรดตามลำดับ ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดที่ชุบน้ำกล้นจะเกิดสีน้ำตาลบริเวณขอบก่อนแล้วกินบริเวณมากขึ้น ส่วนเห็ดที่ชุบน้ำสับปะรดจะเกิดสีน้ำตาลบริเวณขอบก่อนเช่นกัน แต่จะไม่กินบริเวณต่อไปมากเท่าชุดที่ชุบน้ำกล้น สำหรับเห็ดที่ชุบน้ำมะนาวพบว่าการเกิดสีน้ำตาลเกิดทั้งดอกเห็ด ดังแสดงในรูปที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)



รูปที่ 17 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบ (ก) น้ำกลั่น (ข) น้ำสับปะรด (ค) น้ำมะนาว เปรียบเทียบวันที่ 0 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลศึกษาผลของการใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมที่อุณหภูมิต่างๆ

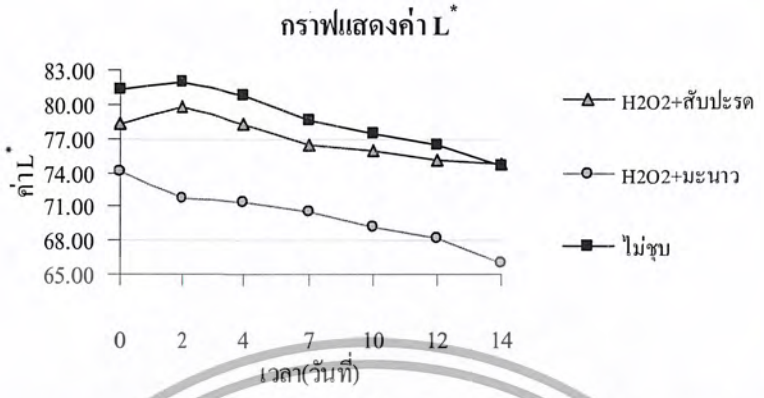
จากผลการทดลองตอนที่ 4.1 และ 4.3 พบว่าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ชุบเป็นเวลา 15 วินาทีให้ผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดีและมีการเปลี่ยนแปลงทางสีและลักษณะปรากฏน้อย จึงเลือกมาทดลองในขั้นนี้ ซึ่งจะทำการเก็บรักษาโดยแปรค่าอุณหภูมิเป็น 10 และ 20 องศาเซลเซียส

สำหรับผลการทดลองที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสพบว่าทุกชุดการทดลองค่า L^* มีแนวโน้มลดลง โดยชุดที่ใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดจะให้ผลการเปลี่ยนแปลงค่า L^* น้อยที่สุดเท่ากับ 3.53 รองลงมาคือชุดที่ไม่ชุบและชุดที่ใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาวซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 6.64 และ 8.14 ตามลำดับ แสดงได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยของ L^* value ณ วันที่							การเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิ 10°c	0	2	4	7	10	12	14	ค่า L^* ที่ลดลง
ไม่ชุบ	81.24	81.97	80.83	78.58	77.49	76.49	74.59	6.64[b]
H_2O_2+น้ำสับปะรด	78.21	79.88	78.30	76.44	75.90	75.17	74.68	3.53[a]
H_2O_2+น้ำมะนาว	74.13	71.70	71.45	70.63	69.16	68.18	65.99	8.14[c]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองพบว่าเห็ดที่ชุบน้ำมะนาวการเปลี่ยนแปลงค่า L^* จะลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันแรก ส่วนเห็ดที่ไม่ชุบและเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ใน 7 วันแรกมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่หลังจากวันที่ 7 เห็ดที่ไม่ชุบยังคงมีแนวโน้มการลดลงของค่า L^* อย่างต่อเนื่องขณะที่เห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดอัตราการลดลงของค่า L^* จะช้ากว่าดังจะเห็นได้จากรูปที่ 18

ทางด้านการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ทุกชุดการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการลดลงของค่า L^* โดยเห็ดที่ชุบด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดให้ผลการเปลี่ยนแปลงค่า b^* น้อยที่สุดเท่ากับ 5.38 ตามด้วยเห็ดที่ไม่ชุบและเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาวซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 9.75 และ 15.65 ตามลำดับ แสดงได้ดังตารางที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยของ b* value ณ วันที่							การเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิ 10°c	0	2	4	7	10	12	14	ค่า b* ที่เพิ่มขึ้น
ไม่ชุบ	10.59	8.66	11.24	13.91	15.94	18.14	20.35	9.75[b]
H_2O_2+น้ำสับปะรด	11.16	8.74	11.33	13.21	14.17	15.54	16.53	5.38[a]
H_2O_2+น้ำมะนาว	10.69	12.23	13.95	17.22	21.56	23.49	26.34	15.65[c]

รูปที่ 19 แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า b* สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า L* คือเห็ดที่ชุบน้ำมะนาวค่า b* เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันแรก ส่วนเห็ดชุดที่ไม่ชุบและชุดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดการเปลี่ยนแปลงค่า b* มีลักษณะใกล้เคียงกันใน 7 วันแรก แต่หลังจากวันที่ 7 พบว่าเห็ดที่ไม่ชุบค่า b* ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่เห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า b* จะช้ากว่า ดังจะเห็นจากรูปที่ 19

สำหรับลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดให้ผลการเกิดแผลและการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาว แสดงได้ดังตารางที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ผลของการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ต่อลักษณะปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลอง	ลักษณะที่ปรากฏ (การเกิดบาดแผล / การเกิดสีน้ำตาล) ณ วันที่						
อุณหภูมิ 10°c	0	2	4	7	10	12	14
ไม่ชุบ	-/-	-/+	-/+	+/+	+/+	+/++	+/++
H_2O_2+น้ำสับปะรด	-/-	-/-	-/+	+/+	+/+	+/+	+/+
H_2O_2+น้ำมะนาว	-/-	+/+	++/+	++/++	+++/++	+++/++ +	+++/++ +

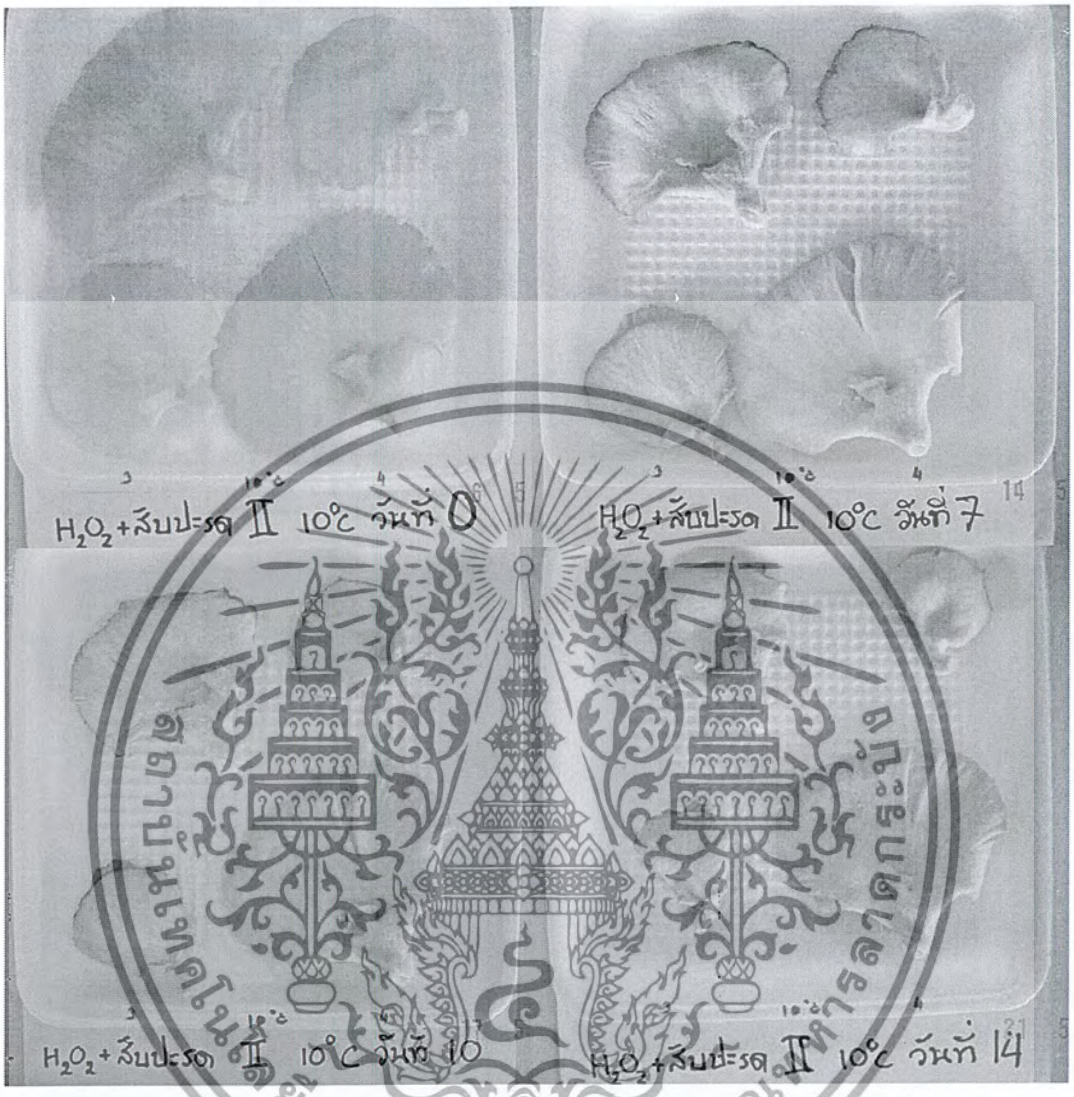
หมายเหตุ - = ไม่เปลี่ยนแปลง + = เกิดขึ้นเล็กน้อย
++ = เกิดขึ้นปานกลาง +++ = เกิดขึ้นมาก

จากผลการทดลองเห็ดชุดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาวจะเกิดบาดแผลและสีน้ำตาลเร็วมากตั้งแต่วันที่ 2 และเมื่อเวลาผ่านไปเห็ดชุดนี้มีลักษณะแห้งติดกับถาดโฟมและเกิดคลื่นเหมื่นอีกด้วย ขณะที่เห็ดที่ไม่ชุบจะเริ่มเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลในวันที่ 2 และ 7 ตามลำดับแต่ไม่กินบริเวณเพิ่มขึ้นมากนักเมื่อเวลาผ่านไป ส่วนเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดพบว่าจะเริ่มเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลในวันที่ 4 และ 7 ตามลำดับซึ่งช้าและน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 20-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

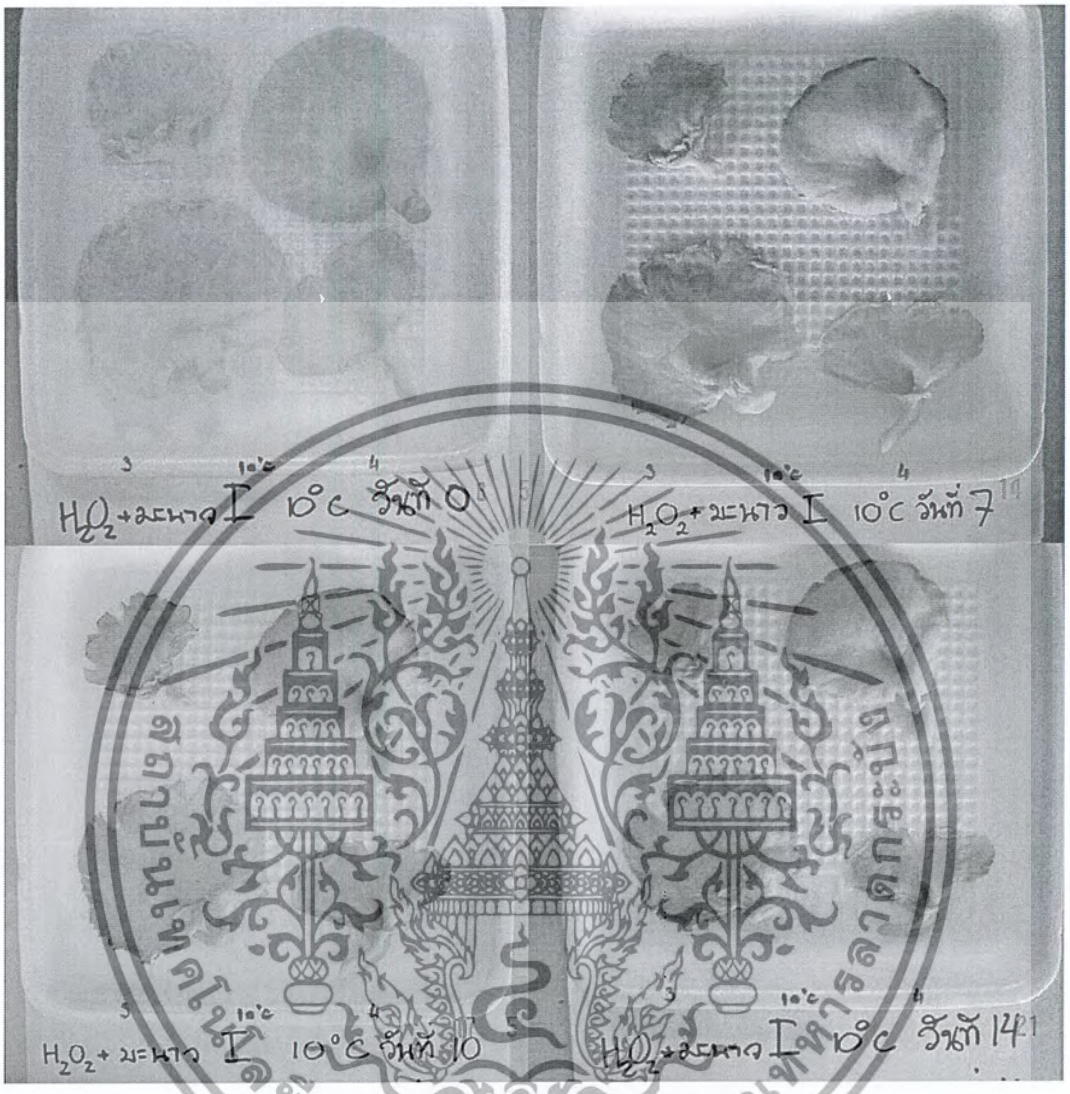
รูปที่ 20 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ไม่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรด เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



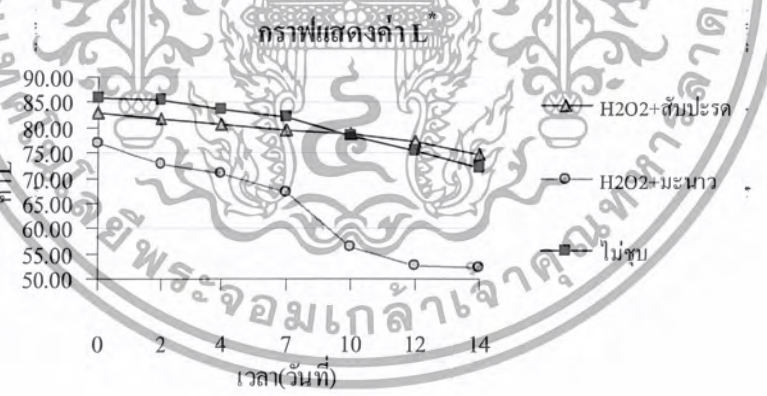
รูปที่ 22 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาว เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผลการทดลองที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสพบว่าทุกชุดการทดลองค่า L^* มีแนวโน้มลดลงในอัตราที่มากกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยชุดที่ใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดจะให้ผลการเปลี่ยนแปลงค่า L^* น้อยที่สุดเท่ากับ 8.18 รองลงมาคือชุดที่ไม่ชุบและชุดที่ใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาวซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 13.85 และ 24.68 ตามลำดับ แสดงได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยของ L^* value ณ วันที่							การเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิ 20°c	0	2	4	7	10	12	14	ค่า L^* ที่ลดลง
ไม่ชุบ	85.99	85.33	83.69	82.29	78.39	75.42	72.14	13.85[b]
H_2O_2+น้ำสับปะรด	83.01	81.91	80.65	79.41	78.60	77.21	74.83	8.18[a]
H_2O_2+น้ำมะนาว	76.78	72.68	70.76	67.07	56.41	52.79	52.10	24.68[c]



รูปที่ 23 แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

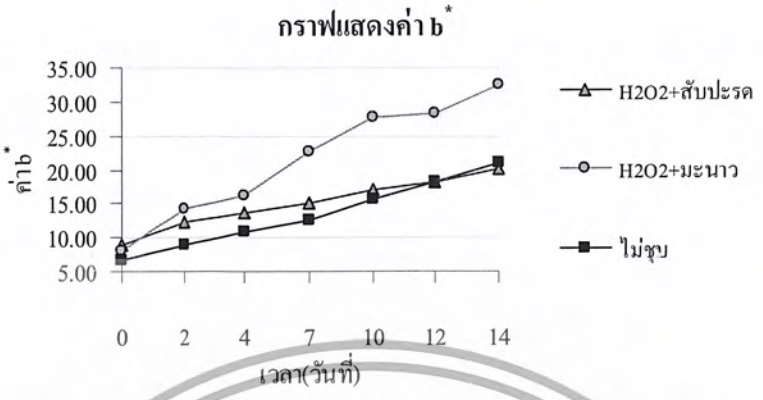
จากผลการทดลองพบว่าเห็ดที่ชุบน้ำมะนาวการเปลี่ยนแปลงค่า L^* จะลดลงตั้งแต่วันแรกและหลังจากวันที่ 7 ค่า L^* จะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนเห็ดที่ไม่ชุบและเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ใน 7 วันแรกมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่หลังจากวันที่ 7 เห็ดที่ไม่ชุบยังคงมีแนวโน้มการลดลงของค่า L^* อย่างต่อเนื่อง ขณะที่เห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดอัตราการลดลงของค่า L^* จะช้ากว่าดังจะเห็นได้จากรูปที่ 23

ทางด้านการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ทุกชุดการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่า b^* มากกว่าการทดลองที่ 10 องศาเซลเซียส โดยเห็ดที่ชุบด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดให้ผลการเปลี่ยนแปลงค่า b^* น้อยที่สุดเท่ากับ 11.14 ตามด้วยเห็ดที่ไม่ชุบและเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาวซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 14.33 และ 24.35 ตามลำดับ แสดงได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลกระทบจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวด้านนอกของเห็ดนางรม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยของ b^* value ณ วันที่							การเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิ 20°c	0	2	4	7	10	12	14	ค่า b^* ที่เพิ่มขึ้น
ไม่ชุบ	6.75	8.88	10.77	12.62	15.71	18.17	21.09	14.33^b
H_2O_2+น้ำสับปะรด	8.95	12.23	13.75	15.01	17.09	18.19	20.09	11.14^a
H_2O_2+น้ำมะนาว	8.13	14.14	16.16	22.67	27.72	28.26	32.47	24.35^c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 แสดงผลของการชุบเห็ดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่ผิวเห็ดนางรมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองพบว่าเห็ดที่ชุบน้ำมะนาวค่า b^* เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 4 ส่วนเห็ดชุดที่ไม่ชุบและชุดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดการเปลี่ยนแปลงค่า b^* มีลักษณะใกล้เคียงกันใน 7 วันแรก แต่หลังจากวันที่ 7 พบว่าเห็ดที่ไม่ชุบค่า b^* ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่เห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า b^* จะช้ากว่า ดังจะเห็นจากรูปที่ 24

สำหรับลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดให้ผลการเกิดแผลและการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาว แสดงได้ดังตารางที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

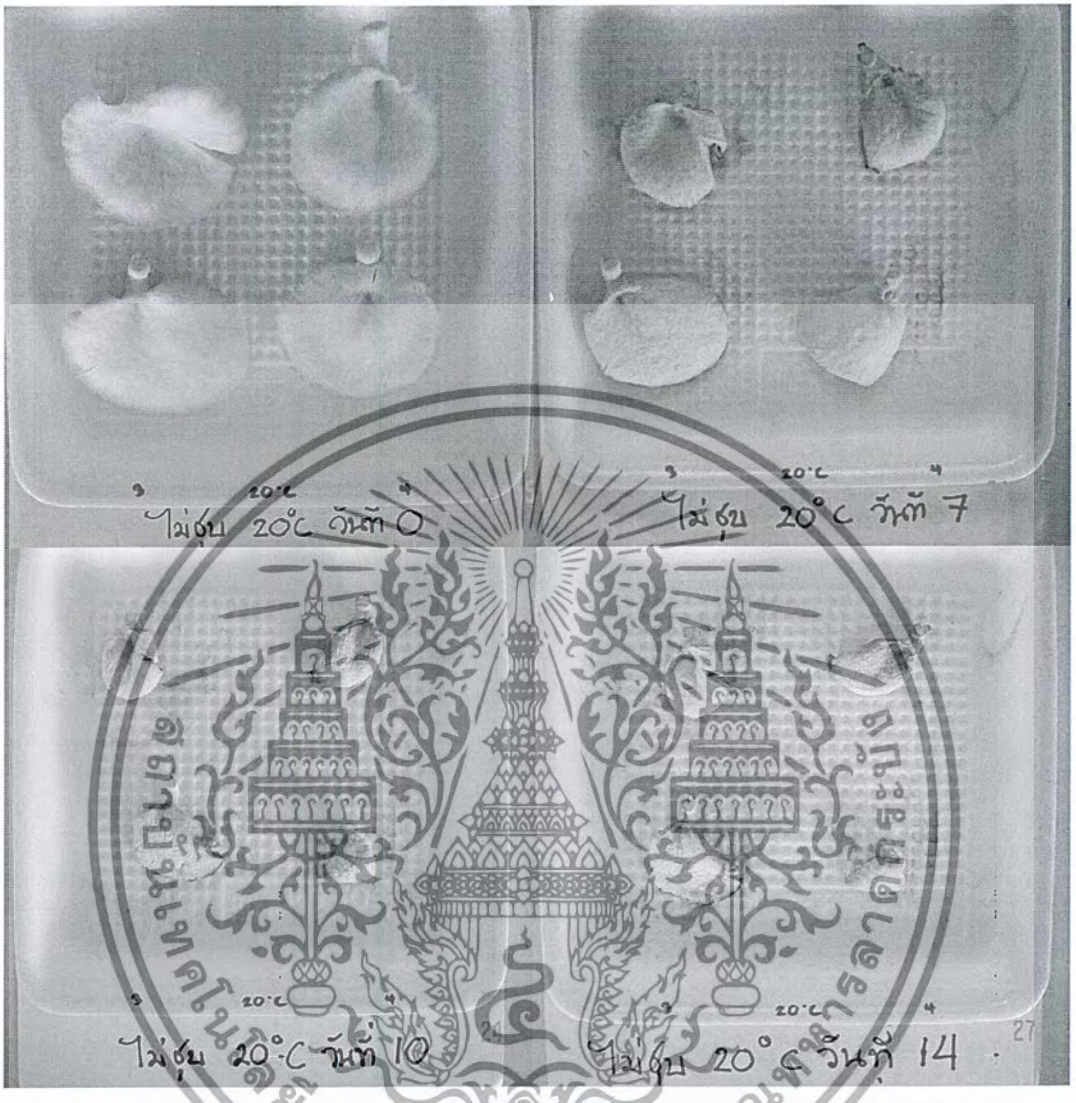
ตารางที่ 15 ผลของการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ต่อลักษณะปรากฏด้านการเกิดบาดแผลและสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลอง	ลักษณะที่ปรากฏ (การเกิดบาดแผล / การเกิดสีน้ำตาล) ณ วันที่						
อุณหภูมิ 20°c	0	2	4	7	10	12	14
ไม่ชุบ	-/-	-/+	-/+	+/+	++/+	++/++	++/++
H_2O_2+น้ำสับปะรด	-/-	-/-	-/+	-/+	+/+	+/+	+/+
H_2O_2+น้ำมะนาว	-/-	-/-	+/+	+/+	++/++	++/+++	+++/+++

หมายเหตุ - = ไม่เปลี่ยนแปลง + = เกิดขึ้นเล็กน้อย
++ = เกิดขึ้นปานกลาง +++ = เกิดขึ้นมาก

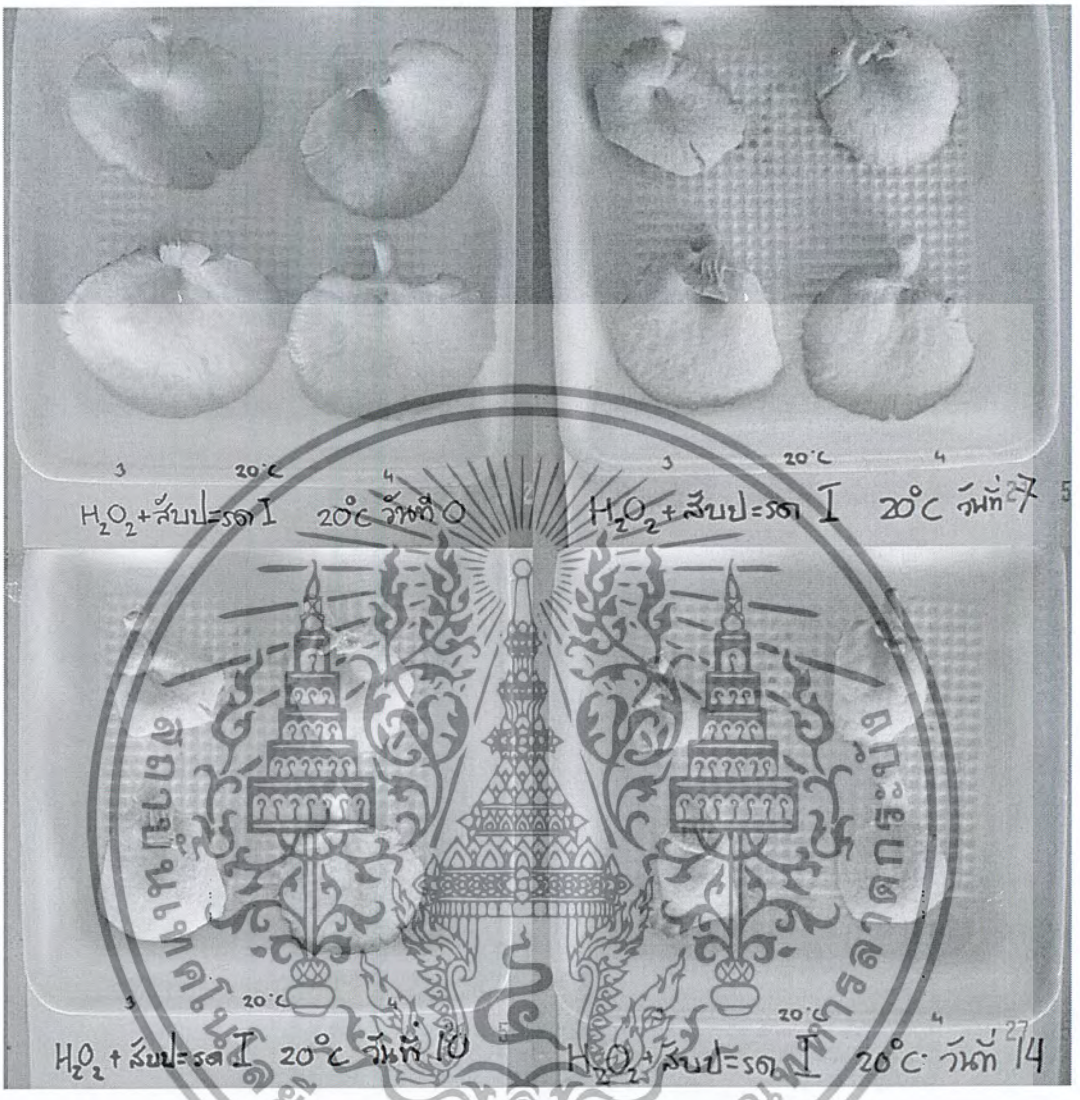
จากผลการทดลองเห็ดชุดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาวจะเกิดบาดแผล, สีน้ำตาล และมีลักษณะนิ่มเละตั้งแต่วันที่ 4 และเมื่อเวลาผ่านไปเห็ดชุดนี้จะแห้งและมีกลิ่นเหม็นอีกด้วย ขณะที่เห็ดที่ไม่ชุบจะเริ่มเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลในวันที่ 2 และ 7 ตามลำดับ ในวันที่ 7 เห็ดชุดนี้มีลักษณะแห้งแข็ง ส่วนเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรดพบว่าจะเริ่มเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลในวันที่ 4 และ 10 ตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 25-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



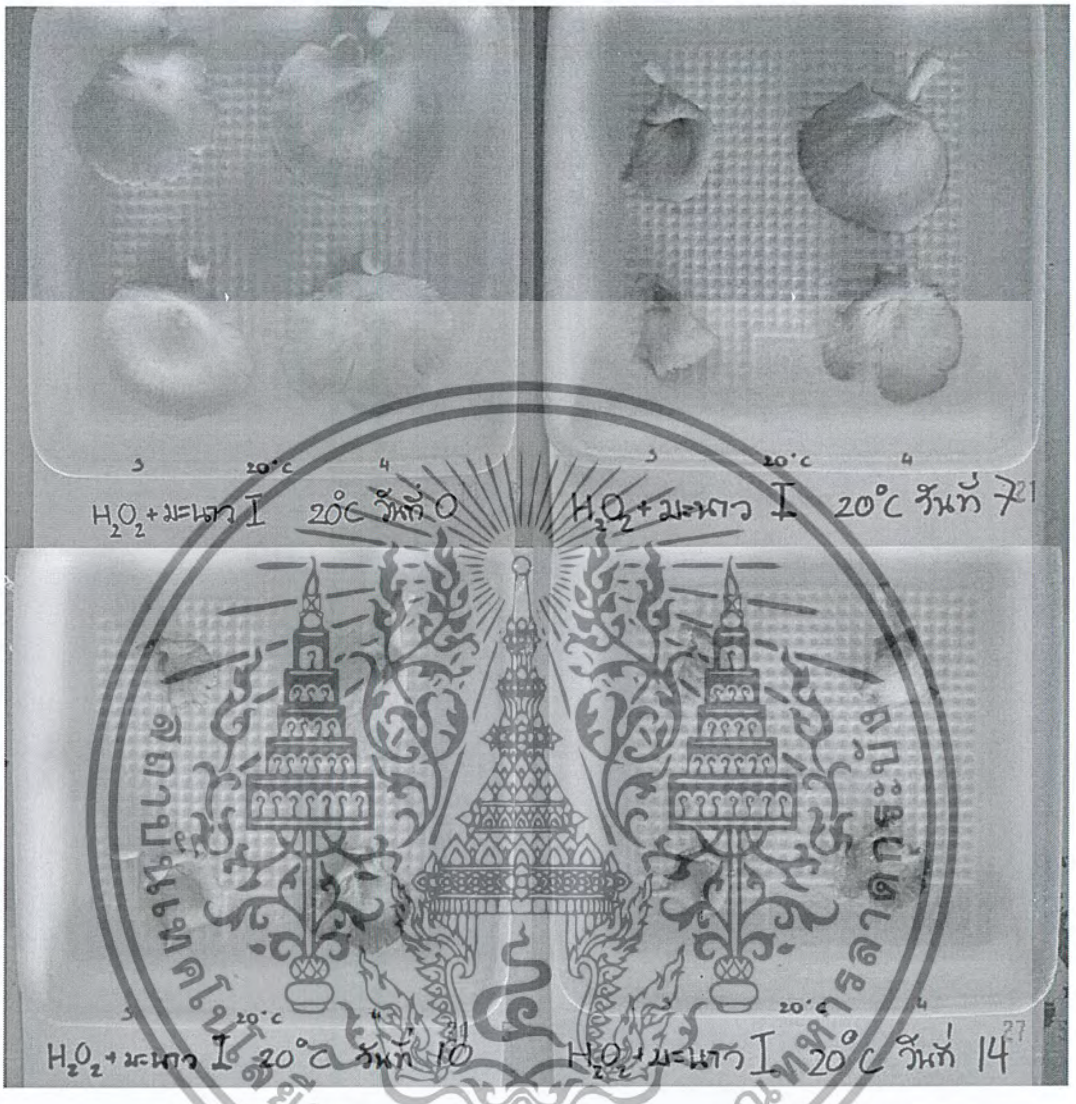
รูปที่ 25 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ไม่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำผลไม้ เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำสับปะรด เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 ลักษณะปรากฏของเห็ดที่ชุบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำมะนาว เปรียบเทียบวันที่ 0 , 7 , 10 และ 14 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมสดพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 ให้ผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยตรงดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านการเปลี่ยนแปลงสีและลักษณะที่ปรากฏพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ชุบเป็นเวลา 15 วินาที จะเกิดสีน้ำตาลและบาดแผลน้อยและช้ากว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 เมื่อทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ทางด้านการใช้น้ำผลไม้พบว่าน้ำสับปะรดซึ่งมีความเป็นกรด-ด่าง 3.55 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 12.95 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค 33.24 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ให้ผลการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุดและไม่ค่อยเกิดสีน้ำตาลหรือบาดแผลมากนัก เมื่อทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน การใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 3 ร่วมกับน้ำสับปะรดพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เห็ดนางรมจะเกิดสีน้ำตาลหรือบาดแผลจะน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เห็ดที่นำมาใช้ทดลองควรเลือกที่มีอายุ ขนาด สี และลักษณะอื่นๆใกล้เคียงกันในทุกๆครั้งที่ทำการทดลอง

2. เห็ดที่นำมาใช้ทดลองควรใช้เห็ดในช่วงฤดูเดียวกันทั้งหมด เพราะสภาพอากาศมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเห็ด เช่น ช่วงฤดูหนาวเห็ดจะเป็นสีเทาและมีความหนา ส่วนฤดูฝนเห็ดจะมีความชื้นและเนื้อบาง เป็นต้น

3. เมื่อทำการทดลองแต่ละครั้ง ควรรีบทำให้เสร็จโดยเร็ว เพื่อลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

บัญญา พิฐิติรัตน์ และกิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล. 2538. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รั้วเขียว คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสาร สวัสดิ์ชัตัง. 2538. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุม. วารสารอาหาร(FOOD). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 25(3): 160-169

สาธิต ไทยทัตกุล. 2542. เห็ดมหัศจรรย์แห่งพืช(เห็ดเป็นทั้งอาหารและยา). http://www.greensociety.com/v103/ v103.htm. Accessed เมษายน 20, 2547

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. 1298p.

Balls, A.K. and Hale, W.S. 1935. Process for inhibiting the discoloration of fruits and vegetables. U.S.Patent 2,011,465. (In): Patricia G.; et.al. 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. Journal of Science. (58): 399-404

Beaulieu, M.; Lacroix, M.; Charbonneau, R.; Laberge I. and Gagnon M. 1992. Effects of gamma irradiation dose rate on microbiological and physical quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*). Sci. des Aliments. 12: 289 303.

Brennan, M.; Port, G. L. and Gormley T.R. 2000. Post-harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh mushroom. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. (33): 285-289.

Brennan, M.H. and Gormley, T.R. 1998. Extending the Shelf Life of Fresh Sliced Mushroom. http://www.teagasc.ie/research/report/foodprocessing/4196/eopr-4196.pdf. Accessed August 18, 2003

Chang, S.T. and Hayes, W.A. 1978. The biology and cultivation of edible mushroom. U.S.A.: Acdamic Press

Dickinson, C. and Lucas, J. 1979. The Encyclopedia of Mushroom. Italy: Orbis Publishing.

enzyme. Fruit Processing. 2: 9-13.

Gautam, S.; Sharma, A. and Thomas, P. Gamma irradiation effect on shelf-life, texture, polyphenol oxidase and microflora of mushroom (*Agaricus bisporus*). Int. J. Food Sci. Nutr. 49: 5 10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gormley T.R. 1975. Chill storage of mushroom. Journal of the Science of Food and Agriculture. 26: 401-411.

Gormley, T.R. and MacCanna, C. 1967. Prepackaging and shelf life of mushroom. Irish Journal of Agricultural Research. 6: 255-265.

Guthrie, B.D. 1984. Studies on the control of bacteria deterioration of fresh, washed mushrooms (*Agaricus bisporus/brunescens*). Master thesis, Pennsylvania State University.

Hobbs, C. 1995. Medcinal mushroom' An exploration of tradition, healing & culture. 2nd ed. CA,U.S.A.: Botanica Press.

Labuza T.P., Lillemo J.H. and Taoukis P.S. 1992. Inhibition of polyphenoloxidase by protelytic

Lahmann, O. and Rinker, D. L. 1995. Historical development of commercial mushroom production in central and South America. (In): Eliot T.J., editor. 1995. Science and cultivation of Edible Fungi. 1st ed. Netherlands: A.A.Balkema

Laurila, E.; Kervinen, R. and Ahvenainen, R. 2003. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. http://www.inhibition-enz-browning.html. Accessed October 15,2003

Long, J.T. and Alben, J.O. 1969. Preliminary studies of mushroom tyrosinase (polyphenol oxidase). Mush. Sci. 5: 281 299.

Lozano-De-Gonzalez, P.G.; Barrett, D.M.; Wrolstad, R.E. and Durst R.W. 1993. Enzymatic broening inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. Journal of Science. (58): 399-404

MacCanna, C.and and Gormley, T.R. Quality assessment of mushrooms: relationship between moisture loss, colour and toughness of harvested cultivated mushrooms. Mush. Sci. 7: 485 492.

Nichols, R. 1985. Postharvest physiology and storage. (In): Flegg, P.B.; Spencer, D.M.; Wood D.A.,editors. The biology and technology of the cultivated mushroom, New York: John Viley & Sons.

Paine, S.G. 1919. Studies in bacteriosis II. *A brown blotch disease of cultivated mushrooms.* Ann. Appl. Biol. 5: 206 219.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pongsamat, S.; Assawamunkong, S. and Markman, N. 1986. Biochemical and biological evaluation of nutritional quality of mushrooms. Bangkok: Faculty of Phamacology, Chulalongkorn University.

Royse, D.J. and Wuest, P.J. 1980. Mushroom brown blotch. effects of chlorinated water on disease intensity and bacterial populations in casing soil and pilei. Phytopathology 9(70): 902 905.

Salunkle, K. and Desai, B. 1984. Mushroom, In: Post-harvest Biotechnology of Vegetables, Vol. 2.: CRC Press

Sapers, G.M.; Miller, R.L.; Pillzota, V. and Kamp, F. 2001. Shelf-life of fresh mushroom (*Agaricus bisporus*) by inhibitors. Journal of Food Science. (66): 362-366.

Schwartz A. 2002. http://www.econetwork.net/~wildmansteve/Mushroom.Folder/Oyster.html. Accessed june 23, 2003.

Stussi, H. and Rats, D. 1981. The biosynthesis and possible function of gamma-glutaminyl-4-hydroxybenzene in *Agaricus bisporus*. Phytochemistry 20: 2347 2352.

Taoukis, P.S.; Labuza, T.P.; Lin, S.W. and Lilliemo, J.H. 1989. Inhibition of enzymic browning. Patent WO 89/11227. (In): Laurila, E.; Kervinen, R. and Ahvenainen, R. 2003. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. http://www.inhibition-enz-browning.html. Accessed October 15,2003

Vámos-Vigyázó L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC Food Sci Nutr. 15: 48 127.

Xiong Li. 2000. Extend shelf life of mushroom by using micro-perforated film. http://www.msu.edu/~xiongli/project/fds410/fds410.html. Accessed November 24, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การศึกษารูปร่างและการเรียงตัวของแบคทีเรียโดยการย้อมสี

การตรวจสอบด้านจุลินทรีย์ที่บริเวณผิวเห็ดซึ่งทำให้เน่าเสียนั้น จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าเกิดจากแบคทีเรียพวก *Pseudomonas* เป็นหลัก และเนื่องจากแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์เซลล์เดียวที่มีขนาดเล็กมาก มีผนังเซลล์ที่แข็ง เซลล์มีคุณสมบัติที่แสงสามารถผ่านได้ ดังนั้นถ้าส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด light microscope จะทำให้เห็นตัวเซลล์ได้ยาก จึงนิยมย้อมสีแบคทีเรียเพื่อสะดวกในการมองเห็นรูปร่าง ขนาด การเรียงตัว ของแบคทีเรียแต่ละชนิด โดยจะใช้วิธีการย้อมแบบ gram stain เพื่อศึกษาดูว่ามีแบคทีเรียชนิดอื่นอีกหรือไม่อย่างไร

วิธีปฏิบัติ

1. การเตรียมสไลด์

สไลด์ที่ใช้ย้อมสีแบคทีเรียต้องสะอาด วิธีทำความสะอาดโดยใช้นิ้วแตะสบู่หรือผงซักฟอกที่เปียกน้ำ ถูบริเวณสไลด์ให้ทั่ว ทิ้งไว้พอหมาด ใช้ผ้านุ่มและสะอาดเช็ดคราบสบู่ออกให้หมด การตรวจสอบว่าสไลด์สะอาดหรือไม่โดยหยดน้ำสะอาดลงบนสไลด์ ถ้าสไลด์สะอาดหยดน้ำจะแผ่กระจาย

2. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียสำหรับย้อมสี

หยดน้ำสะอาดลงบนสไลด์หนึ่งหยด ใช้ลวดเขี่ยเชื้อเผาไฟให้แดงทิ้งไว้ในอากาศนาน 5-10 วินาที จากนั้นใช้ลวดเขี่ยเชื้อแตะเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหารแข็งให้ติดปลายลวดเพียงเล็กน้อย นำเชื้อมาผสมกับหยดน้ำแล้วเกลี่ยให้เชื้อกระจายออกเป็นฟิล์มบางๆบนสไลด์ วิธีการนี้เรียกว่าการ สเมียร์ (smear) ทิ้งให้รอยสเมียร์แห้งเองในอากาศ หลังจากนั้นทำให้แผ่นฟิล์มติดแน่นกับแผ่นสไลด์โดยการนำสไลด์มาลนผ่านเปลวไฟ (ให้เปลวไฟผ่านสไลด์ตรงรอยสเมียร์ 2-3 ครั้ง) วิธีการนี้เรียกว่าการตรึง (fix) เพื่อให้ตัวเซลล์ติดแน่นและไม่หลุดออกไปในระหว่างการย้อมสี

3. การย้อมสีแบบ gram stain

3.1 หยดสี crystal violet ลงบนสไลด์ให้ท่วมรอยสเมียร์ของเชื้อที่ได้จากผิวหน้าของเห็ด ทิ้งไว้นาน 1 นาที

3.2 ล้างสีออกด้วยน้ำยาแกรมไอโอดีน แล้วหยดน้ำยาแกรมไอโอดีนให้ท่วมรอยสเมียร์และทิ้งไว้นาน 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ล้างน้ำยาแกรมไอโอดีนออกด้วยน้ำและล้างอีกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ 95% หรืออะซีโตนแอลกอฮอล์ จนน้ำยาที่ล้างไม่มีสีติดออกมา (ใช้เวลาไม่เกิน 20 วินาที ให้ล้างออกด้วยน้ำทันที)

3.4 ย้อมทับ (counter stain) ด้วยสี safranin นาน 1 นาที

3.5 ล้างออกด้วยน้ำก๊อก แล้วปล่อยให้สไลด์แห้ง หรือซับให้แห้งด้วยกระดาษซับ

3.6 ตรวจโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า สังเกตลักษณะขนาด รูปร่าง การเรียงตัว และการติดสีย้อมของเซลล์แบคทีเรีย ถ้าเซลล์แบคทีเรียติดสีม่วงของ crystal violet จัดเป็นแกรมบวก ถ้าติดสีแดงของ safranin จัดเป็นแกรมลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำผลไม้ (คั้นเอาแต่น้ำ)
2. 4% acetic acid
3. สารละลาย Indophenol dye
4. สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน (L-ascorbic acid) 0.3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร
5. บิวเรตต์
6. ปิเปตต์
7. ขวดรูปกรวย

วิธีปฏิบัติ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้

ปิเปตต์น้ำผลไม้ 4 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในกรดอะซิติก 6 มิลลิลิตร ที่อยู่ในขวดรูปกรวย แล้วนำไปไทเทรตด้วย indophenol dye ทันที จนได้สีชมพูจางๆ คงตัวประมาณ 15 วินาที จดปริมาตรไว้ (อ่านถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2) ทำซ้ำอีกครั้งแล้วใช้ค่าเฉลี่ยคำนวณ (ถ้าใช้ indophenol dye น้อยกว่า 10 มิลลิลิตร หรือมากกว่า 50 มิลลิลิตร ควรทำใหม่โดยเพิ่มปริมาตรน้ำผลไม้ หรือเจือจางให้เหมาะสมขึ้น)

2. การไทไทรตสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

ปิเปตต์สารละลายวิตามินซีมาตรฐานจำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวย แล้วนำไปไทเทรตกับ indophenol dye (ทำซ้ำอีกครั้ง) จากนั้นทำ blank โดยใช้กรดอะซิติกแทนสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

นำค่าที่ได้จากการไทเทรตมำคำนวณหาปริมาณวิตามินซี คิดเป็นมิลลิกรัม % (จำนวนมิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของน้ำผลไม้ โดยวิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์ธรรมดา จากสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน)

ให้ A = ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

B = ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรต blank

C = ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตน้ำผลไม้

D = ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายจากผักหรือผลไม้

ปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้ 4 มิลลิลิตร = 0.3 x 10(C-B)/(A-B) มิลลิกรัม

นั่นคือ น้ำผลไม้มีวิตามินซี = 3(C-B)/(A-B) มิลลิกรัม / 4 มิลลิลิตร

= [3(C-B)/(A-B)] x 25 มิลลิกรัม / 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้