

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



242731

การเก็บรักษาหอยนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) หลังการเก็บเกี่ยว  
ด้วยไฟโตคาตาไลซิสจากหลอดไฟที่เคลือบไททานเนียมไดออกไซด์

โสภาค อุนทรพันธ์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
กันยายน 2553





การเก็บรักษาเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) หลังการเก็บเกี่ยว  
ด้วยโฟโตคาตาไลซิสจากหลอดไฟที่เคลือบไททานเนียมไดออกไซด์



โสภาค สุนทรพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
กันยายน 2553

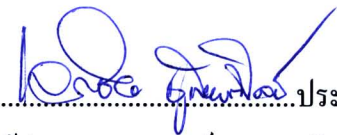
การเก็บรักษาเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) หลังการเก็บเกี่ยว  
ด้วยโฟโตคาตาไลซิสจากหลอดไฟที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์

โสภาค สุนทรพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

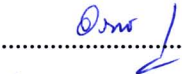
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

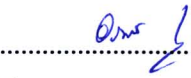
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

  
ประธานกรรมการ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ชูเกียรติโรจน์

  
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุราภรณ์ สอาดสุด

  
กรรมการ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุราภรณ์ สอาดสุด

  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ อาร์ตี้โร

  
กรรมการ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ อาร์ตี้โร

24 กันยายน 2553

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

### กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อูราภรณ์ สอาดสุด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาชี้แนะแนวทางตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย จนกระทั่งการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ชูเกียรติโรจน์ ที่กรุณารับเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ อาร์ดีโร ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ธวัช ทะพิงค์แก ที่เป็นผู้จุดประกายความคิดในการนำไททาเนียมไดออกไซด์มาประยุกต์ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้และอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในการทดลองตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในด้านกำลังใจ คำแนะนำ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้มาโดยตลอดจนประสบผลสำเร็จด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่สนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจตลอดเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ลุ่ล่งไปด้วยดี

โสภาค สุนทรพันธ์

## ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

การเก็บรักษาเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer)  
หลังการเก็บเกี่ยวด้วยโฟโตคาตาไลซิสจากหลอดไฟที่  
เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์

## ผู้เขียน

นายโสภาค สุนทรพันธ์

## ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว)

## คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ. ดร. อูราภรณ์ สอาดสุด

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ผศ. ดร. อรอนงค์ อารัติโร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

## บทคัดย่อ

242731

นำดอกเห็ดนางรมบรรจุในกล่องพลาสติกโพรพิลีน ไปวางได้แสงจากหลอดไฟ  
ที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาด 23 วัตต์ ระยะห่างจากหลอดไฟถึงดอกเห็ดประมาณ  
50 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 และ 60 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำมาตรวจวัด  
ค่าความสว่าง ความแน่นเนื้อ และปริมาณแบคทีเรียปนเปื้อนทุก 2 วัน พบว่า แสงไฟจากหลอด  
ที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถลดปริมาณแบคทีเรียในเห็ดลงได้ทั้งสองช่วงเวลา  
โดยพบว่าการฉายแสงที่ 60 นาที สามารถลดปริมาณแบคทีเรียบนเห็ดลงได้ 99% ลดการรั่วไหล  
ของสารอเล็กโตรไลต์ และช่วยชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ โดยไม่สร้างความเสียหาย  
ให้กับเนื้อเยื่อที่ผิวของเห็ด และพบว่าการฉายแสงด้วยหลอดที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์  
เป็นเวลา 60 นาที ร่วมกับการเก็บรักษาเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการ  
เสื่อมสภาพของเห็ดนางรมได้ โดยสามารถเก็บรักษาเห็ดนางรมได้ถึง 18 วัน

|                                  |                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Thesis Title</b>              | Postharvest Storage of Oyster Mushroom ( <i>Pleurotus ostreatus</i> (Fr.) Kummer) by Photocatalysis from TiO <sub>2</sub> -Coated Bulb |            |
| <b>Author</b>                    | Mr.Sopak Soontonpun                                                                                                                    |            |
| <b>Degree</b>                    | Master of Science (Postharvest Technology)                                                                                             |            |
| <b>Thesis Advisory Committee</b> | Assistant Professor Dr. Uraporn Sardsud                                                                                                | Advisor    |
|                                  | Assistant Professor Dr. Orn-anong Arquero                                                                                              | Co-advisor |

### Abstract

242731

Fruiting bodies of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) were placed in polypropylene box and exposed under the light from titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) coated bulb at 23 watts about 50 cm above the fruiting bodies for 30 and 60 minutes. The mushroom was then kept at 4°C. Brightness, firmness and the amount of contaminated bacteria were determined every 2 days. It was found that illumination from TiO<sub>2</sub> coated bulb decreased the amount of bacteria at both photoperiods. Sixty minutes exposure reduced 99% of the bacteria, decreased electrolyte leakage and delayed the reduction of firmness without causing any damage on the mushroom surface. The exposure of mushrooms under TiO<sub>2</sub> bulb and kept at 4°C could delay the deterioration and extend shelf life upto 18 days.

สารบัญ

|                                            | หน้า |
|--------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                            | ก    |
| บทคัดย่อภาษาไทย                            | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                         | จ    |
| สารบัญ                                     | ฉ    |
| สารบัญตาราง                                | ซ    |
| สารบัญภาพ                                  | ด    |
| บทที่ 1 บทนำ                               | 1    |
| บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร                      | 3    |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย    | 15   |
| บทที่ 4 ผลการทดลอง                         | 18   |
| บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการทดลอง           | 30   |
| บรรณานุกรม                                 | 32   |
| ภาคผนวก                                    | 38   |
| ภาคผนวก ก การใช้งานเครื่องวัดสี            | 39   |
| ภาคผนวก ข การใช้งานเครื่องวัดความแน่นเนื้อ | 41   |
| ภาคผนวก ค การใช้งานเครื่องวัด Conductivity | 43   |
| ภาคผนวก ง การหาค่า Colony Forming Unit     | 44   |
| ภาคผนวก จ การหาค่า % Electrolyte leakage   | 45   |
| ภาคผนวก ฉ การทดสอบค่าทางสถิติ              | 46   |
| ภาคผนวก ซ ตาราง ANOVA                      | 53   |
| ประวัติผู้เขียน                            | 144  |

## สารบัญตาราง

| ตาราง                                                                                                                                            | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 การใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์                                                                                          | 14   |
| ฉ1 ค่าความสว่างของหมวกเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส                                                                 | 46   |
| ฉ2 ค่าความสว่างของครีบก้นเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส                                                              | 47   |
| ฉ3 ค่าความสว่างของก้านเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส                                                                 | 47   |
| ฉ4 ค่าความแน่นเนื้อของดอกเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส                                                              | 48   |
| ฉ5 ค่าความแน่นเนื้อของก้านเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส                                                             | 48   |
| ฉ6 ค่า CFU เห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส                                | 49   |
| ฉ7 ค่าความสว่างบริเวณหมวกดอกเห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส               | 49   |
| ฉ8 ค่าความสว่างบริเวณครีบก้นเห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส               | 50   |
| ฉ9 ค่าความสว่างบริเวณก้านดอกเห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส               | 51   |
| ฉ10 ค่าความแน่นเนื้อบริเวณหมวกดอกเห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส          | 51   |
| ฉ11 ค่าความแน่นเนื้อบริเวณก้านดอกเห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส          | 52   |
| ฉ12 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์จากเซลล์ของดอกเห็ดนางรมที่ฉายแสงภายใต้หลอดไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที                         | 52   |
| ข1 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ที่หมวกดอกของเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา | 53   |



2

2

2

2



2

2

[illegible]

2

[illegible]



- ข89 วิเคราะห์เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กทรอนิกส์  
ของคอกเห็ดนางรมที่ผ่านการฉายแสงด้วยหลอดที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์  
60 นาที และเห็ดนางรมที่ไม่ได้ผ่านการฉายแสง เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 141
- ข90 วิเคราะห์เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กทรอนิกส์  
ของคอกเห็ดนางรมที่ผ่านการฉายแสงด้วยหลอดที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์  
60 นาที และเห็ดนางรมที่ไม่ได้ผ่านการฉายแสง เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 142
- ข91 วิเคราะห์เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กทรอนิกส์  
ของคอกเห็ดนางรมที่ผ่านการฉายแสงด้วยหลอดที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์  
60 นาที และเห็ดนางรมที่ไม่ได้ผ่านการฉายแสง เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง 143

## สารบัญภาพ

| รูป                                                                                                                                                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 รูปวงชีวิตของเห็ดนางรม                                                                                                                                                              | 4    |
| 2.2 เห็ดนางรมพันธุ์สีขาว เพาะบนก้อนขี้เลื่อย                                                                                                                                            | 5    |
| 2.3 เห็ดนางรมพันธุ์สีเทา                                                                                                                                                                | 6    |
| 2.4 ไฟโตคาตาไลติกของไททาเนียมไดออกไซด์                                                                                                                                                  | 9    |
| 2.5 โครงสร้าง รูไทล์ และอานาเทส                                                                                                                                                         | 10   |
| 2.6 การเข้าทำลายเชื้อ <i>E. coli</i> ของประจุลบที่เกิดจากไททาเนียมไดออกไซด์ แถวบน<br>เป็นขั้นตอนการทำงานของประจุลบในการฆ่าเชื้อ <i>E. coli</i> และแถวล่างแสดงภาพ<br>ขยายของการเข้าทำลาย | 11   |
| 3.1 หลอดไฟที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ ยี่ห้อ O-ZONE ขนาด 23 WATT 2700°<br>KELVIN ให้แสงสว่าง 1575 lumens (146.38 lux)                                                               | 16   |
| 4.1 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความสว่างบริเวณห่มดอกเห็ดนางรม                                                                                                                                   | 19   |
| 4.2 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความสว่างบริเวณก้นดอกเห็ดนางรม                                                                                                                                   | 19   |
| 4.3 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความสว่างบริเวณก้านดอกเห็ดนางรม                                                                                                                                  | 20   |
| 4.4 กลุ่มของเส้นใยสีขาวที่เกิดบนเห็ดนางรมที่เสื่อมสภาพ                                                                                                                                  | 20   |
| 4.5 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความแน่นเนื้อบริเวณห่มดอกเห็ดนางรม                                                                                                                               | 21   |
| 4.6 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความแน่นเนื้อบริเวณก้านดอกเห็ดนางรม                                                                                                                              | 22   |
| 4.7 CFU/g ของจุลินทรีย์บนเห็ดนางรม ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) หลังจากฉายแสงผ่าน<br>หลอดไฟที่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO <sub>2</sub> ) เป็นเวลา 0, 30 และ 60 นาที                 | 23   |
| 4.8 เนื้อเยื่อที่ผิวห่มดอกของเห็ดนางรมที่ผ่านการฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบ<br>ไทเทเนียมไดออกไซด์                                                                                            | 23   |
| 4.9 เนื้อเยื่อที่ผิวห่มดอกเห็ดนางรมที่ไม่ผ่านการฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียม<br>ไดออกไซด์                                                                                            | 24   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รูป                                                                                                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.10 ปริมาณจุลินทรีย์ในวันต่างๆ บนเห็ดนางรมหลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ 60 นาที่ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส       | 25   |
| 4.11 ผลหลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ 60 นาที่ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อค่าความสว่างบริเวณห่มดอกเห็ดนางรม      | 26   |
| 4.12 ผลหลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ 60 นาที่ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อค่าความสว่างบริเวณก้านดอกเห็ดนางรม     | 26   |
| 4.13 ผลหลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ 60 นาที่ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อค่าความสว่างบริเวณก้านดอกเห็ดนางรม     | 27   |
| 4.14 ผลหลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ 60 นาที่ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อค่าความแน่นเนื้อบริเวณห่มดอกเห็ดนางรม  | 28   |
| 4.15 ผลหลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ 60 นาที่ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อค่าความแน่นเนื้อบริเวณก้านดอกเห็ดนางรม | 28   |
| 4.16 เปอร์เซนต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่ชั่วโมงต่างๆ หลังจากฉายแสงโดยใช้หลอดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 60 นาที่                                 | 29   |
| ก เครื่องวัดสี (Color meter “Hunterlab” รุ่น Color Quest XE)                                                                                                 | 39   |
| ข เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Texture analyser รุ่น TA-Xii / 50)                                                                                                | 41   |
| ค เครื่องวัด Electrolyte leakage                                                                                                                             | 43   |