# การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมฮังการีสดโดยใช้สารดูดซับความชื้น

# Prolong Shelf-life of Fresh Hungarian Oyster Mushroom by Moisture Absorbers

จิตติมา จิรโพธิธรรม[1] ประภาพร ตั้งกิจโชติ[2] และอภิตา บุญศิริ[3]

Jittima Jirapothithum[1] Prapaporn Tangkijchote[2] and Apita Boonsiri[3]

**Abstract**

Moisture absorbers silica are 0, 3, 5 and 7 grams ware packed with 150 grams Hungarian oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer) in plastic boxes and PVC wrapped with or without 16-needle-holes, kept at 5C and 90±5% RH for 14 days. It was found that the oyster mushrooms packed in a plastic box and PVC wrapped without holes having 5 grams silica for 14 days gave the maximum recommended storage. The results also showed that visual quality, total antioxidant, free radical scavenging activity, and vitamin C reduced at a slow rate compared with all other treatments. However increasing the amount of silica above 5 grams in the packing storage resulted in the emerging of mushroom caps while the stalks became seared and chapped. PVC wrapped with holes (with or without silica) turned the Hungarian oyster mushroom into yellowish water-soaked products while promoting the mycelium growth as well.

**Keywords**: moisture absorbers, oyster mushroom, antioxidant

**บทคัดย่อ**

ศึกษาสารดูดซับความชื้นซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม ร่วมกับการบรรจุเห็ดนางรมฮังการี 150 กรัม ในกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู และเจาะรู 16 รูเข็ม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% เป็นเวลา 14 วัน พบว่า เห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู ร่วมกับการใช้ซิลิก้า 5 กรัม สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 14 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า คุณภาพที่ปรากฏ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด กิจกรรมการจับอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีในเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุในสภาวะดังกล่าวมีอัตราการลดลงที่ช้ากว่าทรีตเมนต์อื่นๆ แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มจำนวนซิลิก้ามากกว่า 5 กรัม ในการเก็บรักษาเห็ดนางรมฮังการี พบว่า หมวกดอกและก้านดอกแห้ง หมวกดอกหดตัวและมีรอยฉีกขาด สำหรับเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู(ไม่ใช้และใช้ซิลิก้า)ดอกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ฉ่ำน้ำ และมีการเจริญของเส้นใย

[1] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

Postharvest Technology Innovation Center, Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

[3] ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

Postharvest Technology Center, Research and Development Institute at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

รับเรื่อง : พฤษภาคม 2555

Corresponding author : agrppt@ku.ac.th

## คำนำ

เห็ด เป็นผลิตผลที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทำหน้าที่ทำลายอนุมูลอิสระ ลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้น นอกจากนี้ในส่วนของดอกเห็ดพบกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (total antioxidant activity) เช่น reducing power กิจกรรมของ free radical scavenging กิจกรรมของ metal chelating ตลอดจนวิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ที่มีคุณสมบัติป้องกันการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Ames *et al*., 1993; Elmastas *et al*., 2007) อย่างไรก็ตามเห็ดเป็นผลิตผลที่เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ (Briones *et al*., 1992) เพราะมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากทำให้บอบช้ำง่าย ประกอบกับมีอัตราการหายใจสูง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้น (Cliffe-Byrnes *et al*., 2007) การปรับปรุงคุณภาพเพื่อรักษาสารต้านอนุมูลอิสระ และยืดอายุการเก็บรักษาให้ได้นานที่สุด จำเป็นต้องชะลอการเสื่อมสภาพของเห็ด โดยลดอัตราการหายใจ วิธีการหนึ่งที่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของเห็ดได้ เช่น การเก็บรักษาเห็ดนางรมฮังการีบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นาน 6 วัน (Nunseng, 2006) แต่ยังพบหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุเป็นจำนวนมาก ทำให้ดอกเห็ดฉ่ำน้ำ สีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ความแน่นเนื้อลดลง และเกิดกลิ่นเน่าเหม็น (Braaksma *et al*., 1994) อย่างไรก็ตามมีรายงานการใช้สารดูดซับความชื้นซิลิก้า 3 กรัมต่อเห็ดเป๋าฮื้อ 100 กรัม สามารถป้องกันการเกิดหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ลักษณะและสีปรากฏ เนื้อสัมผัส รวมทั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยไม่แตกต่างจากวันแรกของการเก็บรักษา (Villaescusa and Gil, 2003) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบรรจุเห็ดนางรมฮังการีร่วมกับการใช้สารดูดซับความชื้น ในสภาวะการหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรูและการเจาะรูเพื่อลดหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุ เพื่อปรับปรุงคุณภาพ และรักษาสารต้านอนุมูลอิสระของเห็ดดังกล่าว

## อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD ศึกษาสิ่งทดลอง 1 กล่องต่อซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปริมาณซิลิก้า ได้แก่ 0 3 5 และ 7 กรัม และการหุ้มพลาสติก PVC ได้แก่ ไม่เจาะรู และเจาะรู 16 รูเข็ม ใช้ระยะดอกบาน 70-80% ตัดเศษวัสดุเพาะที่ติดมากับดอกเห็ด บรรจุในกล่องพลาสติกใสขนาด 16 x 11 x 5 เซนติเมตร กล่องละ 150 กรัม บรรจุซิลิก้า ปริมาณต่างๆ หุ้มด้วยพลาสติก PVC หนา 13 ไมโครเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน บันทึกการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ คุณภาพที่มองเห็นด้วยตา ปริมาณความชื้นภายในภาชนะบรรจุซึ่งวัดด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น(Humistick) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ การเปลี่ยนแปลงสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR-400, Japan) การรั่วไหลของประจุ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยวิธี Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie and Strain (1996) กิจกรรมการจับอนุมูลอิสระ โดยวิธีการทำปฏิกิริยากับ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงจากวิธีของ Blois (2002) ปริมาณวิตามินซีตามวิธีของ Roe *et al*. (1948) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Singleton and Rossi (1965) หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมStatistical Analysis System (SAS) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์

### ผลของปริมาณซิลิก้าและการหุ้ม PVC ต่อลักษณะทางกายภาพ

เห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติก หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู ที่ไม่มีและมีซิลิก้า 3 กรัม มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นดอกเห็ดปรากฏสีเหลือง และมีการเจริญของเส้นใย โดยเห็ดดังกล่าวที่บรรจุซิลิก้า 5 กรัมมีอายุการเก็บรักษา 14 วัน (ภาพที่ 1) สำหรับเห็ดนางรมฮังการีบรรจุซิลิก้า 7 กรัม มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน เนื่องจากในวันที่ 14 นั้น หมวกดอกเห็ดแตกก้านดอกและบริเวณขอบหมวกดอกแห้ง เปลี่ยนเป็นสีเหลือง แสดงอาการจากการสูญเสียน้ำมาก และไม่เป็นที่ยอมรับ (ไม่แสดงภาพ) สอดคล้องกับการทดลองของ Villaescusa and Gil (2003) ว่าการใช้ซิลิก้าปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำมากขึ้น สำหรับในเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู 16 รูเข็ม มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน หลังจากนั้นดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ฉ่ำน้ำ มีเส้นใยเจริญบริเวณก้านดอกและหมวกดอก ก้านและหมวกดอกนิ่ม ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (แสดงบางส่วนในภาพที่ 1) ในสภาวะของการเก็บรักษาแบบเจาะรูพลาสติก PVC ทั้งที่มีและไม่มีซิลิก้ามีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วันเท่านั้น ดังนั้นจึงของแสดงผลการทดลองเฉพาะในสภาวะของการเก็บรักษาที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรูเท่านั้น

**การเปลี่ยนแปลงสีดอกเห็ด**

การเปลี่ยนแปลงสีที่มองเห็นด้วยตา พบความแตกต่างของดอกเห็ดได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดสี พบว่า มีเพียงค่าความเป็นสีเหลืองเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลง และมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับลักษณะทางกายภาพจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า เห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู ที่มีการใช้ซิลิก้าสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า b* ได้ดีกว่าการไม่ใช้ซิลิก้า (Roy et al., 1996) และสำหรับเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู พบการเปลี่ยนแปลงของค่า b* และปรากฏสีเหลืองมากกว่าในเห็ดนางรมฮังการีที่หุ้ม PVC ไม่เจาะรู (ภาพที่ 1) แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติไม่พบความแตกต่างกันของเห็ดนางรมฮังการีที่ไม่บรรจุและบรรจุซิลิก้าปริมาณต่าง ๆ

**ปริมาณความชื้นภายในภาชนะบรรจุ**

การใช้ซิลิก้า 3 5 และ 7 กรัม ในภาชนะบรรจุเห็ดนางรมฮังการีหุ้ม PVC ไม่เจาะรู สามารถช่วยลดความชื้นจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยลดความชื้นจาก 95% เหลือประมาณ 91% จนกระทั่งถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา จากนั้นค่าความชื้นเพิ่มขึ้นและคงที่เท่ากับเห็ดนางรมฮังการีที่ไม่บรรจุซิลิก้า (ตารางที่ 1) สำหรับความชื้นภายในภาชนะบรรจุเห็ดนางรมฮังการีหุ้ม PVC เจาะรู มีค่าคงที่ที่ 95% ไม่เปลี่ยนแปลง (ไม่แสดงข้อมูล)

**ความเข้มข้นของแก๊สภายในภาชนะบรรจุ**

ความเข้มข้นของแก๊ส ภายในภาชนะบรรจุเห็ดนางรมฮังการีหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีก๊าซออกซิเจน 1-7 เปอร์เซ็นต์ และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3-10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 และ 3) สำหรับเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู มีก๊าซออกซิเจนสะสมภายในภาชนะบรรจุสูง 10-18 เปอร์เซ็นต์ และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำเพียง 1-3 เปอร์เซ็นต์ (ไม่แสดงข้อมูล) จากผลการทดลองพบว่าสอดคล้องกับ Lopez-Briones *et al*. (1992) และ Cliffe-Byrnes *et al*. (2007) ว่าสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพเห็ดสกุลนางรม คือ ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ในการรักษาคุณภาพเห็ดโดยไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหมัก คือ 1-2 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 2.5-5 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองปริมาณของแก๊สทั้งสองในภาชนะบรรจุของเห็ดนางรมฮังการีหุ้มด้วย PVC เจาะรู สูงและต่ำเกินกว่าความเข้มข้นที่เหมาะสม ทำให้การเก็บในสภาพที่เจาะรู PVC ไม่เหมาะสม

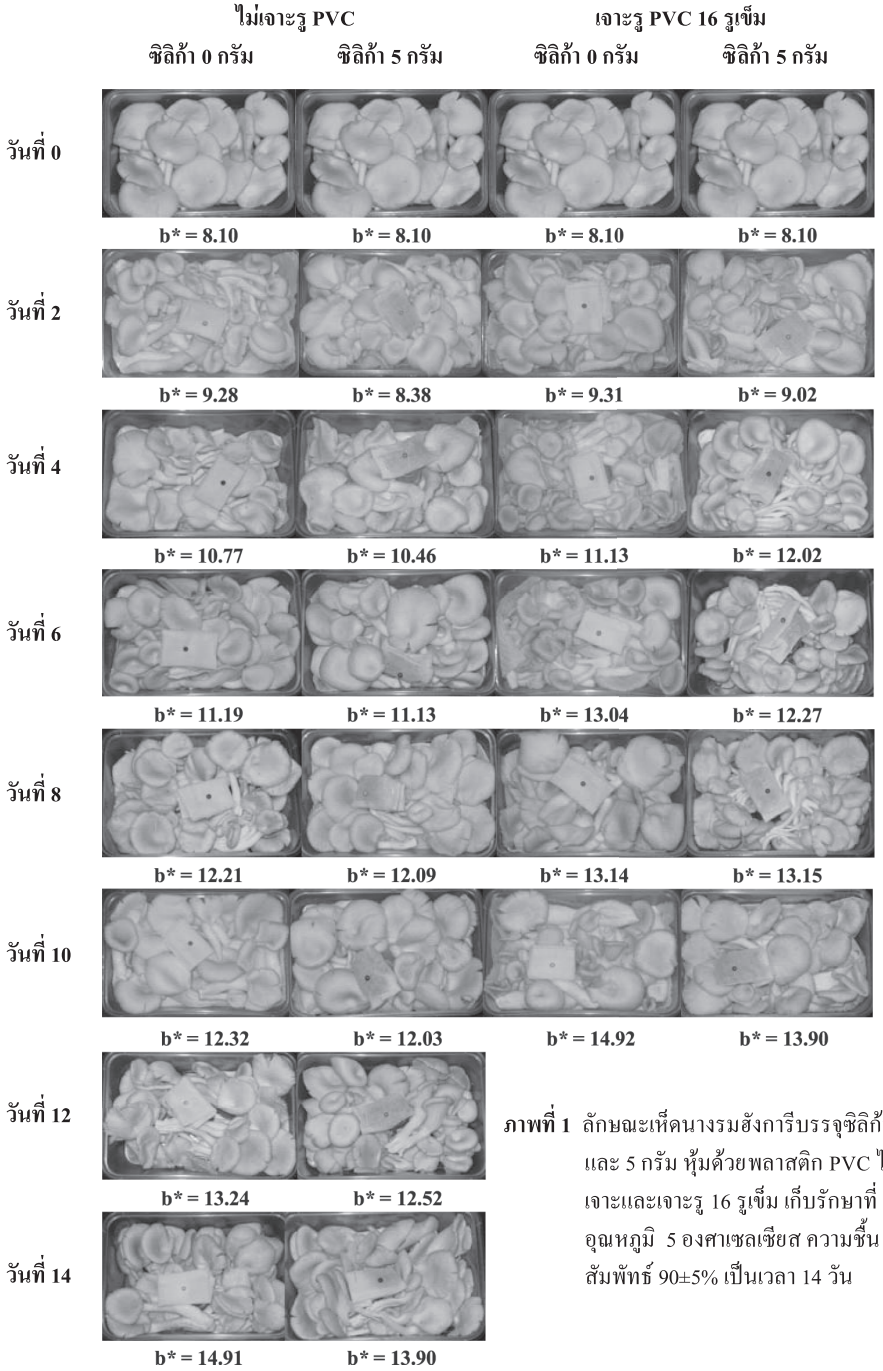
**การรั่วไหลของประจุ**

การรั่วไหลของประจุบ่งบอกถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดจากสภาวะต่างๆ ทำให้สูญเสียความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน และควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ทำให้เนื้อเยื่อโครงสร้างเซลล์เกิดความเสียหาย (Campos *et al*., 2003) จากการทดลองเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู มีค่าประจุรั่วไหลมากถึง 7-9% ในวันที่ 6 ของการ

เก็บรักษาในขณะที่เห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีค่าการรั่วไหลเพียง 9-10% ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของเห็ดนางรมฮังการีที่ไม่บรรจุและบรรจุซิลิก้าปริมาณต่าง ๆ (ไม่แสดงข้อมูล)

**การสูญเสียน้ำหนัก**

การสูญเสียน้ำหนัก มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 14 วันของการเก็บรักษา โดยเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู มีการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่าการบรรจุแบบไม่เจาะรู ทั้งนี้ การเจาะรูเป็นการเพิ่มพื้นที่การซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำ ในขณะเดียวกันก็เป็นผลทำให้เห็ดนางรมฮังการีมีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า การไม่ใช้หรือใช้ซิลิก้าการสูญเสียน้ำหนักของเห็ดนางรมฮังการีมีค่าไม่แตกต่างกัน (ไม่แสดงข้อมูล)




**ภาพที่ 1** ลักษณะเห็ดนางรมฮังการีบรรจุซิลิก้า 0 และ 5 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะและเจาะรู 16 รูเข็ม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% เป็นเวลา 14 วัน

**ตารางที่ 1** ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกร่วมกับการใช้ซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

| | ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุ (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณซิลิก้า | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0 กรัม | 95.00 | 93.07b | 92.60b | 94.10b | 94.69b | 94.85b | - | - |
| 3 กรัม | 95.00 | 91.76a | 92.30ab | 93.78a | 94.36a | 94.74a | - | - |
| 5 กรัม | 95.00 | 91.77a | 92.35ab | 94.02ab | 94.67b | 95.03c | 95.33 | 95.25 |
| 7 กรัม | 95.00 | 91.29a | 91.69a | 93.91ab | 94.64b | 95.09c | 95.39 | - |
| %CV | | 1.02 | 0.83 | 0.34 | 0.20 | 0.17 | 0.09 | |
| *F*-test | | * | * | * | * | * | ns | |

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 2** ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกร่วมกับการใช้ซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

| | ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณซิลิก้า | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0 กรัม | 0.00 | 10.35b | 9.78 | 7.48a | 7.89ab | 8.77 | - | - |
| 3 กรัม | 0.00 | 10.38b | 9.76 | 6.95a | 7.00a | 7.78 | - | - |
| 5 กรัม | 0.00 | 8.36a | 8.42 | 9.31b | 8.81b | 8.17 | 8.99a | 10.00 |
| 7 กรัม | 0.00 | 9.40ab | 9.37 | 8.11ab | 7.50ab | 7.84 | 9.93b | - |
| %CV | | 15.28 | 16.83 | 22.99 | 18.46 | 18.30 | 9.83 | |
| *F*-test | | * | ns | * | * | ns | * | |

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 3** ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกร่วมกับการใช้ซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

| ปริมาณซิลิก้า | ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0 กรัม | 21.00 | 1.34a | 1.85 | 2.00a | 2.00a | 2.88 | - | - |
| 3 กรัม | 21.00 | 1.33a | 1.72 | 3.09ab | 3.20ab | 2.10 | - | - |
| 5 กรัม | 21.00 | 2.55b | 2.52 | 3.64b | 3.99b | 3.38 | 6.59b | 5.92 |
| 7 กรัม | 21.00 | 2.31b | 2.51 | 2.14a | 1.85a | 2.04 | 1.75a | - |
| %CV | | 40.11 | 37.38 | 39.92 | 49.00 | 37.80 | 63.79 | |
| *F*-test | | * | ns | * | * | ns | * | |

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, *ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

**สารต้านอนุมูลอิสระ**

จากการทดลองวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในเห็ด ได้แก่ ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด กิจกรรมการจับอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 14 วันของการเก็บรักษา จากการทดลอง พบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีลดลง ในขณะเดียวกันกิจกรรมการจับอนุมูลอิสระก็ลดน้อยลงด้วย โดยมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ระหว่างเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรูและเจาะรู 16 รูเข็ม ซึ่งการเก็บรักษาในสภาวะที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรูสามารถช่วยชะลอการลดลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าการบรรจุในสภาวะเจาะรูพลาสติก PVC แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของเห็ดนางรมฮังการีที่ไม่บรรจุและบรรจุซิลิก้าที่ปริมาณต่างๆ (ตารางที่ 4) ในขณะเดียวกัน เมื่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดลดลง ความสามารถในการเป็นตัวจับอนุมูลอิสระก็ลดลง ด้วยเช่นกัน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่า เมื่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเห็ดลดลง ทำให้ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระน้อยลงไปด้วย (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับปริมาณวิตามินซี ที่มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยปริมาณวิตามินซีของเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรูและเจาะรูมีค่าแตกต่างกัน และยังพบว่าเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู ไม่บรรจุซิลิก้า มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าเห็ดดังกล่าวที่บรรจุซิลิก้า (ตารางที่ 6) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเห็ดนางรมฮังการีใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในตัวเอง มาป้องกันความเสียหายของเซลล์ที่เกิดจากสภาวะเครียด อันเนื่องมาจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา หรือจากความชื้นภายในภาชนะบรรจุที่เกิดขึ้น จากการหายใจของเห็ดเอง จึงทำให้ปริมาณวิตามินซีในเห็ดที่ไม่บรรจุซิลิก้ามีค่าน้อยกว่าเห็ดที่มีการบรรจุซิลิก้า และการใช้ซิลิก้า 5 และ 7 กรัม สามารถชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าการใช้ซิลิก้า 3 กรัม (Diplock *et al*., 1998) ซึ่งการที่กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระลดลง อาจเนื่องมาจากกระบวนการทางชีวเคมีในเห็ดเปลี่ยนแปลงจนเป็นผลให้เซลล์เกิดความเสียหาย หรืออาจเนื่องมาจากสภาวะเครียดจากการเก็บรักษา หรือเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อโรคต่าง ๆ ดังนั้น เห็ดจึงมีกระบวนการป้องกันตัวเองโดยการกำจัดสารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากสภาวะต่าง ๆ ด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในผลิตผล (Niki *et al*., 1994; Halliwell and Gutteridge, 2003)

**ตารางที่ 4** ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดของเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกร่วมกับการใช้ซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

| | ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (mM/ml) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณซิลิก้า | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0 กรัม | 4.13 | 3.75 | 2.65 | 2.02a | 1.77b | 1.19 | - | - |
| 3 กรัม | 4.13 | 3.42 | 2.57 | 1.99a | 1.55a | 1.07 | - | - |
| 5 กรัม | 4.13 | 3.67 | 2.59 | 2.23ab | 1.66ab | 1.40 | 1.03 | 0.85 |
| 7 กรัม | 4.13 | 3.41 | 2.43 | 2.16b | 1.61ab | 1.25 | 0.98 | - |
| %CV | 4.36 | 7.30 | 6.25 | 7.14 | 8.54 | 24.39 | 14.00 | |
| *F*-test | ns | ns | ns | * | * | ns | ns | |

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 5** กิจกรรมการจับอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกร่วมกับการใช้ซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

| | กิจกรรมการจับอนุมูลอิสระ (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณซิลิก้า | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0 กรัม | 83.81 | 78.38ab | 73.29ab | 70.65 | 64.46a | 64.76a | - | - |
| 3 กรัม | 83.81 | 77.25a | 74.20ab | 71.55 | 68.88b | 64.86a | - | - |
| 5 กรัม | 83.81 | 80.26b | 75.75b | 71.18 | 69.78b | 69.78b | 60.35b | 56.98 |
| 7 กรัม | 83.81 | 79.58ab | 72.90a | 70.38 | 71.69b | 62.95a | 59.62a | - |
| %CV | 2.45 | 2.35 | 2.47 | 1.24 | 4.64 | 4.67 | 1.05 | |
| *F*-test | ns | * | * | ns | * | * | * | |

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 6** ปริมาณวิตามินซีของเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกร่วมกับการใช้ซิลิก้า 0 3 5 และ 7 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

| | ปริมาณวิตามินซี (mg./g. fw.) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณซิลิก้า | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0 กรัม | 19.47 | 18.23 | 14.62a | 12.66a | 11.94 | 8.50a | - | - |
| 3 กรัม | 19.47 | 17.57 | 15.21ab | 13.52ab | 11.79 | 10.19b | - | - |
| 5 กรัม | 19.47 | 18.44 | 16.12bc | 14.96b | 13.60 | 10.19b | 9.68 | 8.14 |
| 7 กรัม | 19.47 | 17.91 | 16.87c | 14.85b | 13.69 | 10.13b | 9.85 | - |
| %CV | 4.47 | 5.38 | 7.64 | 9.36 | 10.82 | 10.87 | 4.92 | |
| *F*-test | ns | ns | * | * | ns | * | ns | |

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด**

ฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกชนิดที่พบในพืช จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา จากรายงานของ Velioglu *et al*. (1998) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิกทำหน้าที่ป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น โดยเป็นตัวคีเลทเหล็กและจับอนุมูลอิสระ ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจำนวนมาก พืชมีกลไกการสร้างฟีนอลิกขึ้นมา เพื่อป้องกันตัวเองจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น และช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของดอกเห็ดนางรมฮังการีให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

## สรุป

การบรรจุเห็ดนางรมฮังการีที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ควรบรรจุในกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติก PVC ไม่เจาะรู ร่วมกับการใช้สารดูดซับความชื้นซิลิก้าปริมาณ 5 กรัม ซึ่งสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพลักษณะปรากฏ และการลดลงของสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ขณะที่การเจาะรูพลาสติก PVC สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดดังกล่าวได้เพียง 6 วัน

## เอกสารอ้างอิง

Ames, B.N., M.K. Shigenaga and T.M. Hagen. 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 90: 7915-7922.

Benzie, Iris F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma(FRAP) as a measure of ‘‘Antioxidant Power’’: The FRAP Assay. Anal Biochem. 239: 70–76.

Blois, M.S. 2002. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 26: 1199-1200.

Braaksma, A., D.J. Schaap, T. de Vrijje, W.M.F. Jongen and E.J. Woltering. 1994. Ageing of the mushroom (*Agaricus bisporus*) under post-harvest condition. Postharvest Biol Tech. 4: 99-110.

Briones, G.L., P. Voroquaux, Y. Chambroy, J. Bouquant, G. Bureau and B. Pascat. 1992. Storage of common mushroom under controller atmosphere. Int J Food Sci Tech. 27: 493-505.

Cliffe-Byrnes, V., A. Cusack, P.V. Mahajan and D. O'Beirne. 2007. Effects of different humidity conditions on the quality of whole mushrooms (*Agaricus bisporus*) implications for modified atmosphere packages. In: Poster presentation at 37th Annual Food Science and Technology Research Conference, University College Cork, Island.

Campos, P.S., V. Quartin, J.C. Ramalho and M.A. Nunes. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. plants. J. Plant Physiol. 160: 283-292.

Diplock, A.T., J.L. Charleux, G. Crozier-Willi, F.J. Kok, C. Rice-Evan and M. Roberfroid. 1998. Functional food science and defense against reactive oxidative species. Br J Nutr. 80S, S77–S112.

Elmastas, M., O. Isildak, I. Turkekul and N. Temur. 2007. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. J. Food Compos Anal. 20 : 337-345.

Lopez-Briones, G., P. Varoquaux, Y. Chambroy, J. Bouquant, G. Bureau and B. Pascat. 1992. Storage of common mushroom under controlled atmospheres. Int J Food Tech. 27: 493-505.

Nunseng, C. 2006. Factor affecting on quality and shelf life of Hungarian oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer). Thesis Master of Science, Kasetsart University, Thailand.

Roe, J.H., M.B. Mills, M.J. Oesterling and C.M. Damron. 1948. The determination of diketo-l-gulonic acid, dehydro-l-ascorbic acid in the same tissues extract by the 2,4-dinitophenylhydrazine method. J. Biol Chem. 174: 201-208.

Roy, S., R.C. Anantheswaran and R.B. Beelman, 1996. Modified atmosphere and modified humidity packaging of fresh mushrooms packaging. J. Food Sci. 61: 391-397.

Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol and Vitic. 16: 144-158.

Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Gao and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. J. Agric Food Chem. 46: 4113-4117.

Villaescusa, R. and M.I. Gil. 2003. Quality improvement of Pleurotus mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. Postharvest Biol Tech. 28:169-179.