Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 151-154 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 151-154 (2561)

ผลของวัสดุเพาะที่มีการผสมแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 ที่มีต่อคุณลักษณะปรากฏ และอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางในระดับการค้า

Effect of the Substrate Mixed with Bacterium *Bacillus subtilis* BC05 on Appearance quality and Storage Life of Straw Mushroom at Commercial Level

จิตติมา จิรโพธิธรรม[1] อภิตา บุญศิริ[1,2] ยุพิน อ่อนศิริ[1] พิษณุ บุญศิริ[3] และเยาวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์[4]

Jittima Jirapothithum[1], Apita Bunsiri[1,2], Yupin Onsiri[1], Phitsanu Bunsiri[3] and Yaowapa Kanokpanont[4]

Abstract

Straw mushroom grown in substrate mixed or un-mixed with *Bacillus subtilis* BC05 were harvested from a farm in Ayutthaya province. They were packed in foam tray, 200-220 Grams/tray, wrapped with 16-needle-hole polyvinylchloride and kept at 15°C, 85-90%RH. Appearance as well and storage life of the mushrooms were determined. The result revealed that the quality of all mushrooms harvested from both treated or un-treated substrates with *Bacillus subtilis* BC05 produced by Department of Microbiology, Faculty of Sciences, Kasetsart University was non-significantly different. The appearance quality of the tested mushrooms, in terms of visual quality, flavor, texture and color scores were very good with the high scores of 8-9, and there was invisible mycelium growth. All treatments could be stored for 6 days.

Keywords: quality, substrate mixed with bacteria, straw mushroom

บทคัดย่อ

จากการเก็บรักษาเห็ดฟาง 200-220 กรัม ที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ผสมแบคทีเรีย (*Bacillus subtilis* BC05) และไม่มีการผสม (control) ในฟาร์มเกษตรกรในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา บรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) เจาะรู 16 รูเข็มฉีดยา (เบอร์ 24) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าคุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะสองชนิดที่ผสมและไม่ผสมแบคทีเรีย ที่ผลิตโดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีคุณภาพไม่แตกต่างกัน โดยที่ลักษณะคุณภาพปรากฏในด้านคุณลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และสีในระดับ 8-9 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก และไม่พบการเจริญเติบโตของเส้นใย โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน

คำสำคัญ: คุณภาพ, วัสดุเพาะผสมแบคทีเรีย, เห็ดฟาง

คำนำ

ในประเทศไทยเห็ดฟางมีปริมาณการผลิตมากที่สุด (ศุภนิตย์, 2547) ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ส่งออกเล็กน้อยในรูปผลิตภัณฑ์เห็ดแปรรูป (กองส่งเสริมพืชสวน, 2543) เห็ดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีการสูญเสียอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น เนื่องจากเห็ดส่วนใหญ่มีอัตราการหายใจสูง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของเห็ดได้ นอกจากนี้ปัญหาสำคัญของเกษตรกรในการผลิตเห็ดฟาง คือ การเข้าทำลายของราเขียวในก้อนเชื้อเห็ด ทำให้ผลผลิตเห็ดฟางลดลงหรือไม่ได้ผลผลิต ราเขียวเป็นจุลินทรีย์ที่แย่งอาหารกับเชื้อเห็ด พบด้วยกัน 2 ชนิด คือ กลิโอเคเดียม และ ไตรโคเดอร์ม่า ราทั้งสองชนิดมีข้อดีในด้านการเกษตร บางชนิดนำไปใช้ในการกำจัดโรคพืช ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี แต่สำหรับก้อนเชื้อเห็ด ราเขียวเป็นศัตรูที่สำคัญในการทำลายเส้นใยของเชื้อเห็ด (เจษฎา

[1] ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Postharvest Technology Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

[3] ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[3] Central Laboratory and Greenhouse Complexes, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

[4] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[4] Department of Microbiology, Faculty of Sciences, Kasetsart University, Jatujak, Bangkok 10900

, 2556) การกำจัดราเขียวจะช่วยทำให้ผลผลิตเห็ดฟางเพิ่มขึ้นหรือทำให้เห็ดฟางมีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดีขึ้น สามารถทำได้โดยการใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกเข้าไปแย่งอาหาร แย่งพื้นที่เกาะยึด และสร้างสารต่อต้านเชื้อโรค ทำให้สามารถลดการปนเปื้อนของราเขียวในก้อนเชื้อเห็ดได้ ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตของดอกเห็ดฟางมากขึ้น โดยแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่ายและมีการสร้างสปอร์ที่ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมปกติ (Vegetative cell) สามารถต่อต้านการเจริญของราเขียวได้ จากรายงานของ Payapanon *et al*. (2010) การเติมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* B2 และ *Paenibacillus polymyxa* N-10 ลงในวัสดุเพาะเชื้อเห็ด สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางจากการเพาะในโรงเรือนได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผสมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 ในวัสดุเพาะเชื้อเห็ดต่อปริมาณ คุณลักษณะปรากฏ และอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางในระดับการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวเห็ดฟางที่เพาะในวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม (control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 (bacteria) ในโรงเรือนของเกษตรกรในเขตอำเภอภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำการตัดแต่งเอาเศษวัสดุเพาะออก กำจัดสิ่งสกปรกก่อนบรรจุเห็ดฟางลงในถาดโฟมให้มีน้ำหนัก 200-220 กรัม หุ้มด้วยพลาสติก PVC เจาะรู 16 รูเข็ม (เข็มฉีดยาเบอร์ 14) และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เก็บรักษาเห็ดฟางในห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% เป็นเวลา 6 วัน บันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน โดยการให้คะแนนลักษณะปรากฏ ด้านคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส สี และการเจริญของเส้นใย บันทึกการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Effigi ขนาด 5 กิโลกรัม และใช้หัววัดแทงทะลุเนื้อเห็ดฟางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร การเปลี่ยนแปลงสีโดยการวัดค่า L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-400 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer การรั่วไหลของประจุ และปริมาณกรดฟีนอลิก

ผลและวิจารณ์

หลังเก็บรักษาเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย พบว่า เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะทั้ง 2 ชนิด มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยมีลักษณะภายนอก (Figure 1A) และลักษณะภายใน (Figure 1B) มีคุณภาพลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น แต่คุณภาพยังคงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และผลิตผลภายในภาชนะบรรจุยังคงอยู่ในสภาพดีทั้งหมด

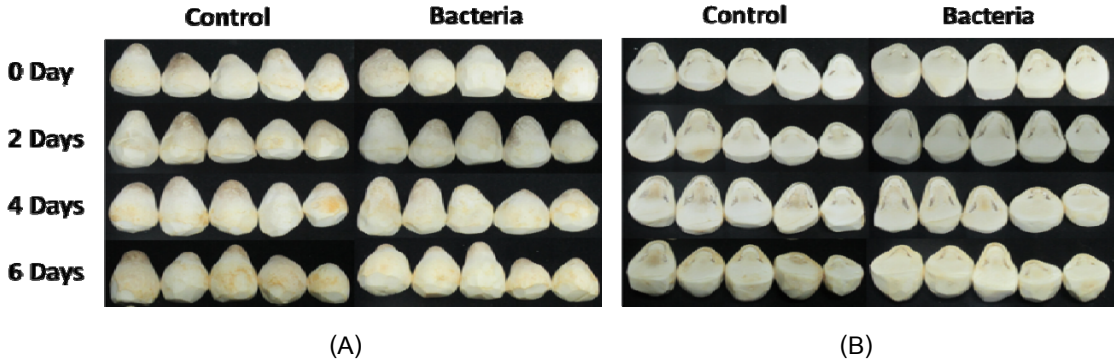
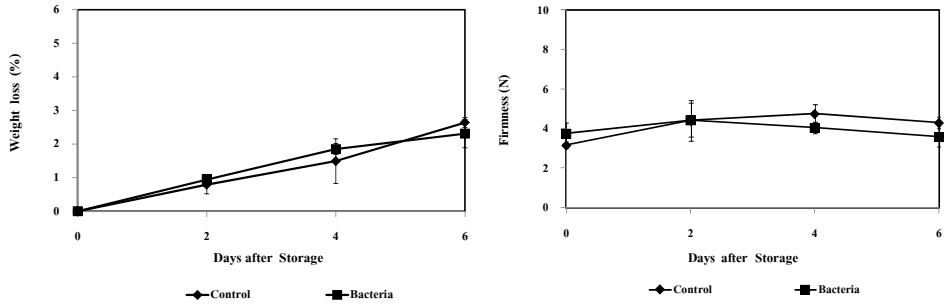


Figure 1 External (A) and internal (B) appearance of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria stored at 15+1 ^{o}C, 85-95 %RH for 6 days

ลักษณะคุณภาพปรากฏ ประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส สี และการเจริญของเส้นใย พบว่า เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย มีคุณภาพปรากฏลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีคุณภาพไม่แตกต่างกัน โดยคะแนนเนื้อสัมผัส และคะแนนสีปรากฏที่ลดลง สอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อและ การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเฉลี่ย 2.47 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2A) เนื่องจากเห็ดเป็นพืชที่มีผิวบางเมื่อเห็ดมีการคายน้ำจึงทำให้มีสูญเสียน้ำได้ง่ายและรวดเร็วระหว่างการ

เก็บรักษา (Jing-Jun and Jian, 2012; Khan *et al*., 2014) ทั้งนี้มีรายงานว่า เห็ดสามารถสูญเสียน้ำหนักได้ 2.8-5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ด (Fernandes *et al*., 2012)

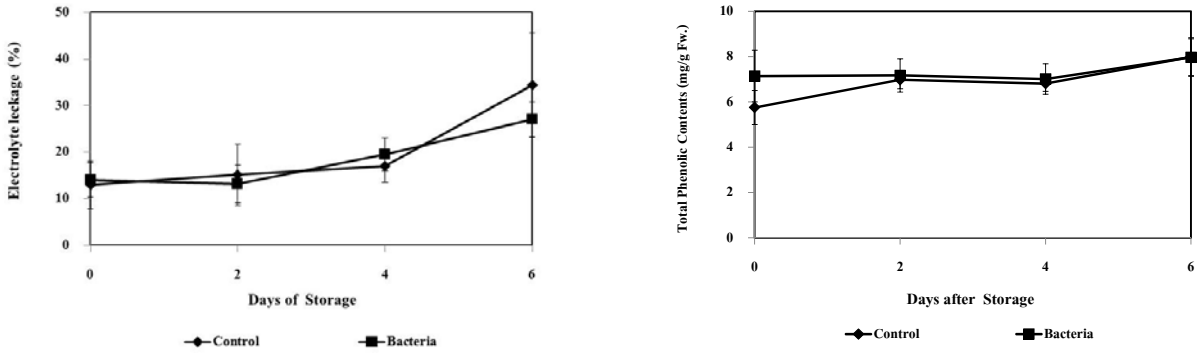


(A) (B)

Figure 2 Weight loss (A) and firmness (B) of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria stored at 15+1 °C, 85-95 %RH for 6 days

ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าค่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลงอย่างช้าๆ แสดงให้เห็นว่าเห็ดฟางมีการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น (Figure 2B) การลดลงของค่าความแน่นเนื้อนั้น สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำ ทำให้เซลล์มีความเต่งลดลง ผนังเซลล์อ่อนตัวลง การยึดเกาะระหว่างเซลล์กับเซลล์ที่อยู่ติดกันอ่อนแอลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและก่อให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ เส้นใยหดตัว เกิดการหยุดชะงักของแวคิโอล เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อและการขยายตัวของช่องว่างระหว่างเซลล์ของหมวกเห็ด (Zivanovic *et al*., 2000; Aday and Caner, 2013)

ค่าการรั่วไหลของประจุมีที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเสื่อมสภาพของเซลล์เห็ดฟาง (Jiang-Jun and Jian, 2012) ซึ่งบ่งบอกถึงความเสียหายของโปรตีนและไขมันบนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารได้ (Tianjia *et al*., 2013) จากการทดลองพบว่า การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟาง (Figure 3A) มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าเห็ดฟางมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน



(A) (B)

Figure 3 Electrolyte leakage (A) and total phenolic contents (B) of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria stored at 15+1°C, 85-95 %RH for 6 days

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (+a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (+b*) การเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณเปลือกหุ้มดอก พบว่า ค่า L* มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สำหรับค่า a* b* (Table 1) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นดอกเห็ดฟางเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง-น้ำตาลมากขึ้น

ปริมาณ TSS ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าลดลงเฉลี่ยจาก 10.99 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 6.71 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา และคงที่

จนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ไม่แสดงข้อมูล) การลดลงของปริมาณ TSS เนื่องมาจากเห็ดฟางนำอาหารที่สะสมไว้ในรูปของน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึงเป็นผลให้ปริมาณ TSS ลดลง (Yaman and Bayoindirli, 2002)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม มีปริมาณฟินอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างจากเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะผสมเชื้อแบคทีเรีย แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณฟีนอลิกทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Figure 3B) การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษานั้น เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดฟาง ทั้งนี้พบว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนสีในส่วนของบริเวณเปลือกหุ้มและแกนกลางของดอกเห็ดฟางเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสจะทำให้ฟินอลิกรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายยาวได้สารควิโนนและเกิดสีน้ำตาลขึ้น (จริงแท้, 2542)

Table 1 Color change of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria stored at 15+1 °C, 85-95 %RH for 6 days

Treatment	After Storage (Day)			
	0	2	4	6
Control	L* = 78.52±2.63	L* = 75.53±6.63	L* = 71.83±3.47	L* = 68.86±2.01
	a* = 1.97±0.17	a* = 3.00±1.31	a* = 3.88±1.02	a* = 5.85±0.59
	b* = 17.56±2.18	b* = 19.23±2.66	b* = 20.78±1.31	b* = 24.23±0.85
Bacteria	L* = 81.42±1.33	L* = 77.91±3.57	L* = 77.04±2.63	L* = 72.85±2.10
	a* = 1.63±0.26	a* = 2.71±1.11	a* = 3.16±0.58	a* = 4.86±0.68
	b* = 14.79±2.16	b* = 19.82±2.39	b* = 21.37±0.99	b* = 23.55±0.88
F-test	ns	ns	ns	ns

สรุป

คุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม และผสมเชื้อแบคทีเรีย ระดับการค้าไม่แตกต่างกัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีสภาพดีทั้งหมด โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน และพบว่าเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวได้จากวัสดุเพาะที่ผสมเชื้อแบคทีเรียมีผลผลิตมากกว่าเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะด้วยกรรมวิธีควบคุม แสดงให้เห็นว่าการเติมเชื้อแบคทีเรียลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้นได้ แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่สำหรับทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กองส่งเสริมพืชสวน. 2543. เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร.

เจษฎา กาพย์ไชย. 2556. มฤตยูสีเขียวของเห็ด. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงจาก https://www.gotoknow.org/posts/285932#0 (1 มิถุนายน 2561)

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ศุภนิตย์ หิรัญประดิษฐ์. 2547. การทำเชื้อและการเพาะเห็ด. กรุงสยามการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร

Aday, M.S., R. Temizkan, M.B. Buyukcan and C. Caner. 2013. An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound. Food Science and Technology 52 (2) : 93–101.

Fernandes, A., A.L. Antonioa, J.C.M. Barreiraa, M.B.P.P. Oliveirab, A. Martinsa and I.C.F.R. Ferreiraa. 2012. Effect of gamma on physical parameters of *Lactarius deliciosus* wild edible mushrooms. Postharvest Biology and Technology 74: 79-84.

Jing-Jun, Y. and L. R. Jian. 2012. Effects of active modified atmosphere packaging on postharvest quality of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) stored at cold storage. Journal of Integrative Agriculture 11(3): 474-482.

Khan, Z.U., G. Aisikaer, R.U. Khan, J. Bu, Z. Jiang and Z. Ni. 2014. Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology 95: 36–41.

Payapanon, A., S. Suthirawut, S. Shompoo, K. Tsuchiya, N. Furuya, P. Roongrawee, T. Kulpiyawat and A. Somrith. 2010. Increase in yield of the Straw mushroom (*Vovariella volvacea*) by supplement with Paenibacillus and Bacillus to the Compost. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 56(2): 249 – 254.

Tianjia, J., L. Feng and Y. Wang. 2013. Effect of alginate/nano-Ag coating on microbial and physicochemical characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during cold storage. Food Chemistry 141: 954–960.

Yaman, O. and L. Bayoindirli. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. Food Science and Technology 35: 146–150.

Zivanovic, S., R.W. Buescher and K.S. Kim. 2000. Textural changes in mushroom (*Agaricus bisporus*) associated tissue ultrastructure and composition. Journal of Food Science 65: 1404–1408.