Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 269–272 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 269-272 (2560)

คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการผสมแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 ในระดับห้องปฏิบัติการ

The Quality and Storage Life of the Straw Mushroom Produced from the Substrate Mixed with *Bacillus subtilis* BC05 Bacteria at the Laboratory 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

200-220 Grams/tray of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria, packed in foam tray and wrapped with 16-needle-hole polyvinylchloride and then kept at 15°C, 85-90%RH was determined. The result revealed that the quality of all treatments harvested from both treated substrate with or without BC05 bacteria produced by Department of Microbiology, Faculty of Sciences, Kasetsart University in the laboratory was not significantly different. The quality appearance of all mushrooms, in terms of visual quality, flavour, texture and color scores were very good with the high scores of 8-9 without the mycelium growth. All treatments had the storage life of 6 days. It was found that appearance quality, L*-value, firmness and TSS of all mushrooms tended to decrease slowly, whereas weight loss, +a*-value, +b*-value, electrolyte leakage and total phenolic content tended to increase continuously.

Keywords: Quality, substrate mixed with bacteria, straw mushroom

บทคัดย่อ

จากการเก็บรักษาเห็ดฟาง 200-220 กรัม ที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการผสม (Control) และผสมแบคทีเรีย (*Bacillus subtilis* BC05) บรรจุถาดโฟมแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าคุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการผสม (Control) และผสมแบคทีเรีย BC05 ที่ผลิตโดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ในระดับห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกัน โดยที่ลักษณะคุณภาพปรากฏในด้านคุณลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และสีในระดับ 8-9 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก และไม่พบการเจริญเติบโตของเส้นใย โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเห็ดฟางมีแนวโน้มมีคุณภาพปรากฏ ค่าความสว่าง (L*) ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างช้าๆ และพบการสูญเสียน้ำหนัก ค่าสีแดง (+a*) ค่าสีเหลือง (+b*) ค่าการรั่วไหลของประจุ และปริมาณฟินอลิกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: คุณภาพ วัสดุเพาะผสมแบคทีเรีย เห็ดฟาง

คำนำ

เห็ดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีการสูญเสียอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น ดังนั้นจึงเป็นปัญหาต่อการกระจายสินค้ารวมทั้งคุณภาพของเห็ด เนื่องจากเห็ดส่วนใหญ่มีอัตราการหายใจสูง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผล เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีเกิดช้าลง โดยเฉพาะการหายใจ และยังสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลด้วย (จริงแท้,

[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

2542) อีกทั้งยังช่วยลดปฏิกิริยาเคมีภายในเห็ดโดยเฉพาะปฏิกิริยาการย่อยตัวเอง (Autolysis) ซึ่งทำให้ดอกเห็ดยุบตัวลงและมีรสขม (ยุทธนา, 2550) การเก็บรักษาเห็ดจึงนิยมเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ภายใต้ความชื้นสูง ซึ่งจะช่วยทำให้เห็ดคงความสดและช่วยชะลอความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี แต่ระดับอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปอาจทำให้ผลิตผลมักเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) (จริงแท้, 2542) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางอยู่ในช่วง 14-16°C (พรรณี, 2551) มีรายงานว่าการเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 °C เกิดอาการสะท้านหนาว ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา (จุฬาภรณ์, 2545) ด้วยเหตุนี้การยืดอายุเก็บรักษาเห็ดฟางให้ยาวนานนั้นต้องคำนึงถึงคุณภาพก่อนเก็บเกี่ยวของเห็ดฟางด้วย จากรายงานของ Payapanon *et al*. (2010) สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางจากการเพาะในโรงเรือนได้ โดยการเติมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* B2 และ *Paenibacillus polymyxa* N-10 ลงในวัสดุเพาะเห็ดที่ผ่านการหมักและอบไอน้ำก่อนการใส่หัวเชื้อเห็ด สำหรับงานวิจัยนี้จะทดสอบเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 ซึ่งผลิตโดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์เติมลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางเพื่อตรวจสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิต เปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวเห็ดฟางที่เพาะในวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 ในโรงเรือนระบบปิด ที่ตั้งอยู่ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ทำการตัดแต่งเอาเศษวัสดุเพาะออกเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกก่อนบรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมให้มีน้ำหนักประมาณ 200-220 กรัม หุ้มด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เก็บรักษาเห็ดฟางในห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 85-95% เป็นเวลา 6 วัน บันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน โดยการบันทึกอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้หากพบดอกเห็ดฟาง 1 ดอกเกิดอาการฉ่ำแฉะน้ำให้ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา คะแนนลักษณะปรากฏให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสี 1-9 คะแนน คะแนน 9 หมายถึงมีคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสีที่สดเหมือนวันแรกที่ยังเก็บเกี่ยวมา ยกเว้นการเจริญเติบโตของเส้นใยหมายถึงเกิดเส้นใยมาก ขณะที่คะแนน 1 มีความหมายตรงข้ามกับคะแนน 9 การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Effigi ขนาด 5 กิโลกรัม และใช้หัววัดแทงทะลุเนื้อเห็ดฟางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร การเปลี่ยนแปลงสีโดยการวัดค่า L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta 400 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer การรั่วไหลของประจุตามวิธีการของจุฬาภรณ์ (2545) และปริมาณกรดฟินอลิกตามวิธีการของ Singleton and Rossi (1965)

ผลและวิจารณ์

ผลการตรวจสอบคุณภาพของเห็ดฟางพบว่า เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยลักษณะภายนอก (Fig.1A) และลักษณะภายใน (Fig.1B) คุณภาพยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ยังคงอยู่ในสภาพดีทั้งหมด

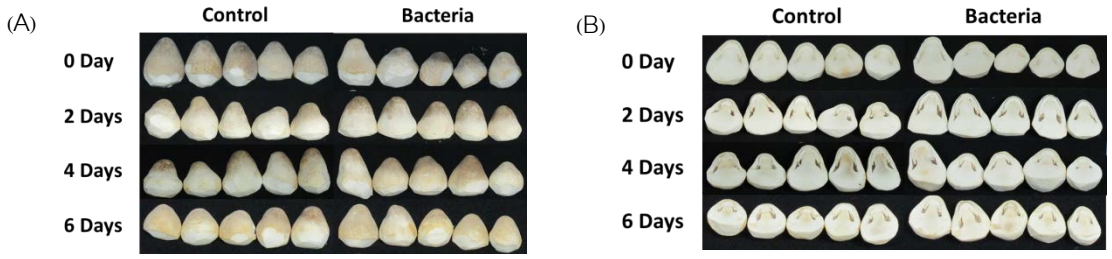

Fig. 1 External (A) and internal (B) appearance of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria stored at 15±1 °C, 85-95 %RH for 6 days

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีแสดงใน Table 1 ดังนี้ คือ เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน ซึ่งจากการให้คะแนนลักษณะคุณภาพปรากฏพบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีคุณภาพปรากฏไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางตลอดระยะของการเก็บรักษา และยังคงมีคะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสีในระดับคะแนนสูงระหว่าง 8-9 ยกเว้นการเจริญของเส้นใยที่มีคะแนนเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงไม่มีการเจริญของเส้นใยเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ยังมีคุณภาพที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน

Table 1 Appearance scores, weight loss, firmness, color change, TSS, electrolyte leakage and total phenolic acid of straw mushroom harvested from substrate mixed with or without BC05 bacteria stored at 15±1 °C, 85-95 %RH for 6 days

Parameters	Treatments	Storage life (days)			
		0	2	4	6
Appearance scores					
1. Visual quality	T1	9.00±0.00	8.94±0.10	8.50±0.29	8.22±0.19
	T2	9.00±0.00	8.97±0.07	8.67±0.24	8.27±0.22
2. Color	T1	9.00±0.00	9.00±0.00	8.06±0.10	7.83±0.29
	T2	9.00±0.00	9.00±0.00	8.20±0.30	7.97±0.30
3. Odor	T1	9.00±0.00	9.00±0.00	8.61±0.10	8.33±0.33
	T2	9.00±0.00	9.00±0.00	8.63±0.22	8.33±0.29
4. Texture	T1	9.00±0.00	9.00±0.00	8.67±0.17	8.44±0.10
	T2	9.00±0.00	9.00±0.00	8.90±0.15	8.47±0.36
5. Mycelium growth	T1	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00
	T2	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00
Weight Loss (%)	T1	0	0.90±0.24	1.91±0.32	3.14±0.67
	T2	0	1.17±0.67	1.89±0.34	3.09±0.50
Firmness (Newton)	T1	3.78±0.72	3.98±0.95	3.63±0.76	3.57±0.78
	T2	3.75±0.96	3.89±0.51	3.75±0.84	3.15±0.94
Color change					
1. L*	T1	62.16±4.83	69.30±8.67	73.2±4.11	68.61±8.09
	T2	69.03±4.75	72.46±4.69	71.98±6.30	67.95±6.41
2. +a*	T1	3.70±1.96	3.40±1.21	3.63±0.93	3.96±1.35
	T2	3.18±0.97	2.90±0.63	3.40±1.18	4.09±1.17
3. +b*	T1	12.94±0.54	13.80±0.67	18.33±2.15	16.94±0.44
	T2	13.87±1.38	14.32±1.31	16.86±1.63	16.74±1.37
TSS (%))	T1	9.8±0.46	7.52±1.41	7.38±1.51	6.30±0.39
	T2	10.18±2.04	8.74±1.31	7.93±1.54	6.15±0.20
Electrolyte leakage (%)	T1	15.17±6.37	6.12±3.88	5.47±1.79	10.52±4.85
	T2	18.51±7.31	5.95±1.79	6.61±1.43	13.72±3.78
Total phenolic acid (mg/g F.W.)	T1	5.89±0.70	7.55±0.86	7.87±0.76	8.17±0.97
	T2	6.96±1.12	7.87±1.19	7.44±1.09	8.89±0.62

การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกันและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเห็ดฟางชุดควบคุมและที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 3.14 และ 3.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้มีรายงานว่า เห็ดสามารถสูญเสียน้ำหนักได้ 2.8-5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ด (Fernandes *et al*., 2012) (Table 1)

ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลง การลดลงของค่าความแน่นเนื้อนั้น สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำ ทำให้เซลล์มีความเต่งลดลง การยึดเกาะระหว่างเซลล์กับเซลล์ที่อยู่ติดกันจึงอ่อนแอลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและก่อให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ เส้นใยหดตัว เกิดการหยุดชะงักของแวคิโอล เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ และการขยายตัวของช่องว่างระหว่างเซลล์ของหมวกเห็ด (Zivanovic *et al*., 2000; Aday and Caner, 2013)

การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดฟางพบว่าสีเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง และค่าสีแดง (+a*) และค่าสีเหลือง (+b*) เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีขาวครีมเป็นสีเหลือง-น้ำตาล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีนี้สอดคล้องกับคะแนนสีปรากฏที่ลดลง

ปริมาณ TSS ของเห็ดฟางมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) การลดลงของปริมาณ TSS เนื่องมาจากเห็ดฟางนำอาหารที่สะสมไว้ในรูปของน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจ (Yaman and Bayoindirli, 2002)

ค่าการรั่วไหลของประจุบ่งบอกถึงความเสื่อมสภาพของเห็ดฟาง ซึ่งค่าการรั่วไหลของประจุจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเห็ดฟางเป็นระยะเวลานานขึ้น (Kim *et al*., 2004) จากการทดลองวัดค่าการรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางบริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟาง พบว่าค่าการรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

ปริมาณฟีนอลิกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria)ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษานั้น เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดฟาง ทั้งนี้พบว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนสีในส่วนของบริเวณแกนกลางของดอกเห็ดฟางเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสจะทำให้ฟีนอลิกรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายยาวได้สารควิโนนและเกิดสีน้ำตาลขึ้น
(จริงแท้, 2542)

สรุป

จากการเก็บรักษาเห็ดฟาง 200-220 กรัม ที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการผสม (Control) และผสมแบคทีเรีย (*Bacillus subtilis* BC05) ที่ผลิตโดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในระดับห้องปฏิบัติการบรรจุถาดโฟมแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ สรุปว่าการผสมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BC05 ลงในวัสดุเพาะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเห็ดฟางเนื่องจากไม่พบความแตกต่างของลักษณะคุณภาพปรากฏ ค่าความสว่าง (L*) ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าสีแดง (+a*) ค่าสีเหลือง (+b*) ค่าการรั่วไหลของประจุ และปริมาณฟีนอลิก โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน

คำนิยม

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้สนับสนุนงบประมาณวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 396 หน้า.

จุฬาภรณ์ ยิ่งยงค์วงศ์สกุล. 2545. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 121 หน้า.

พรรณี ศรีสวัสดิ์. 2551. ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิการเก็บรักษาและการดัดแปลงสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพเห็ดฟาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 125 หน้า.

ยุทธนา ธีระวงศ์กังวาน. 2550. การเพาะเห็ดฟาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. ชมรมส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเพาะเห็ดภาคกลาง, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.

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.

Kim, J.G., Y. Luo and K.C. Gross. 2004. Effect of package film on the quality of fresh-cut salad savoy. Postharvest Biology and Technology 32: 99-107.

Payapanon, A., S. Suthirawut, P. Roongrawee, T. Kulpiyawat and A. Somrith. 2010. To increase the straw mushroom yield with *Bacillus* sp. pp.432-435. In: the proceeding of 16th Asean Agricultural Symposium. International on Agricultural Technology (Sufficiency Agriculture), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16 (3): 144-158.

Yaman, O. and Bayoindirli, L. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. Lebensm. Wiss Und. Technol. 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.