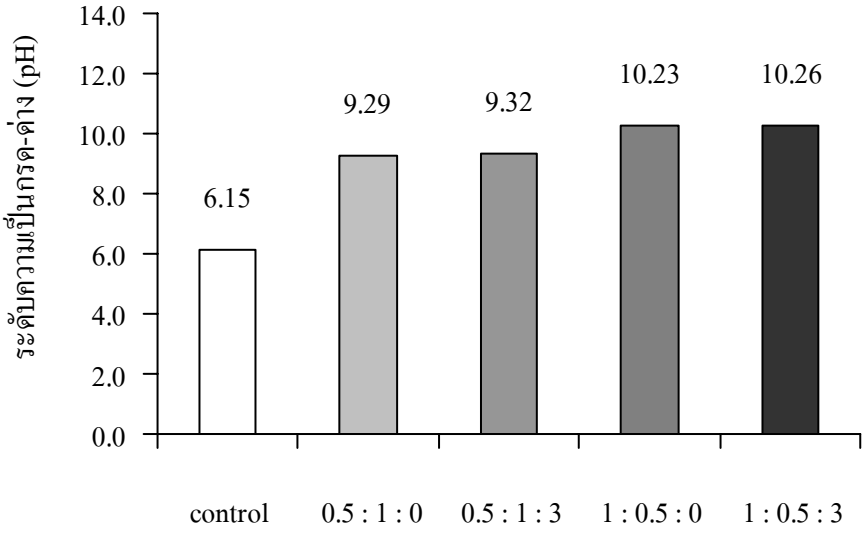
ผลและวิจารณ์

<u>การทดลองที่ 1.1</u> ศึกษาผลของปูนขาว (CaO), ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) และภูไมท์ซัลเฟต ต่อผลผลิต และคุณภาพของเห็ดนางรมฮังการี

จากการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณแคลเซียมของวัสดุเพาะสูตรต่าง ๆ ปรากฏผลดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่างของวัสดุเพาะ

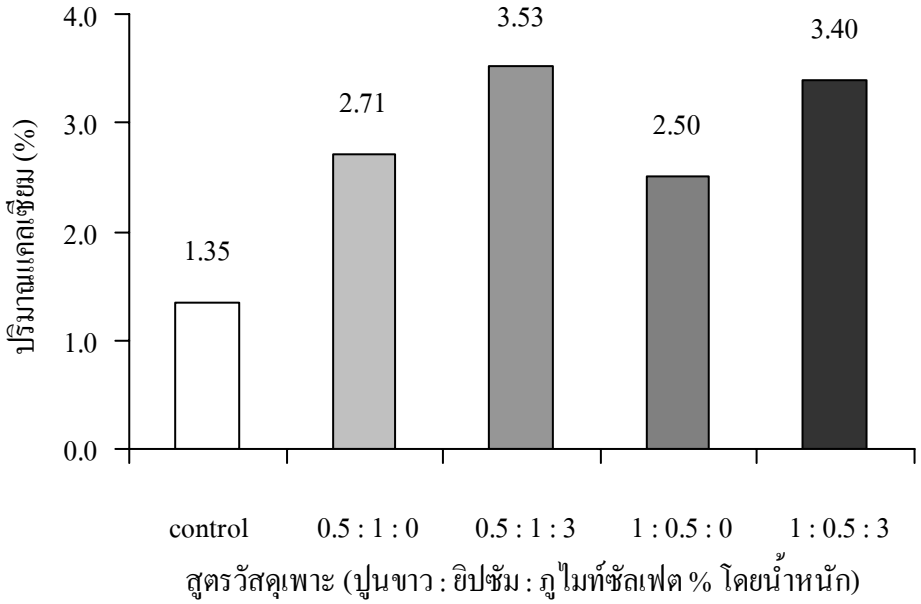
การใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะ ทำให้วัสดุเพาะมี pH สูงกว่า control และการเพิ่มปูนขาวในวัสดุเพาะจาก 0.5% เป็น 1% ส่งผลให้วัสดุเพาะมีค่า pH สูงขึ้นด้วย (pH 9 เป็น pH 10) ส่วนการใส่ยิปซัมทุกระดับ และภูไมท์ซัลเฟต 3% นั้นไม่มีผลต่อ pH ของวัสดุเพาะ (ภาพที่ 1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปูนขาวทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็น $Ca(OH)_2$ ซึ่งเป็นด่างแก่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และจากการวัด pH ของวัสดุต่าง ๆ ดังกล่าว พบว่าปูนขาวมี pH 12.5 ส่วนยิปซัมมี pH 8.6 ขณะที่ภูไมท์ซัลเฟตมี pH 6.5 ดังนั้นปูนขาวจึงอาจมีส่วนช่วยในการปรับ pH ของวัสดุเพาะได้ดีกว่ายิปซัมและภูไมท์ซัลเฟต



<u>ภาพที่ 1</u> ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัสดุเพาะที่ใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตอัตราต่าง ๆ กัน

2. ปริมาณแคลเซียมของวัสดุเพาะ

การใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะ ทำให้วัสดุเพาะมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่า control และปริมาณแคลเซียมมีค่าสูงสุด เมื่อใส่ภูไมท์ซัลเฟต 3% (ภาพที่ 2) อาจเป็นเพราะภูไมท์ซัลเฟตเป็นวัสดุผสมระหว่างฟอสโฟยิปซัม และแคลเซียม ซึ่งมีแคลเซียม 12% (ดีพร้อม, 2545; นิรนาม, 2549) ดังนั้นวัสดุผสมดังกล่าว อาจแตกตัวให้ Ca^{++} ได้ดีกว่าปูนขาวและยิปซัม จึงส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมในวัสดุเพาะมีค่าสูงขึ้น



ภาพที่ 2 ปริมาณแคลเซียมของวัสดุเพาะที่ใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตอัตราต่าง ๆ กัน

ส่วนการศึกษาการเจริญเติบโตของเส้นใย ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%B.E.) ของเห็ดนางรมฮังการี ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของเส้นใย

1.1 ระยะเวลาที่เส้นใยเห็ดนางรมฮังการีเจริญจากไหล่ถุงจนเต็มถุง

จากการวัดการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมฮังการี โดยเริ่มวัดตั้งแต่เส้นใยเจริญถึงไหล่ถุง (ใช้เวลา 8-10 วันหลังจากใส่หัวเชื้อข้าวฟ่าง) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (27–31 องศาเซลเซียส) พบว่าการใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะ ส่งผลให้เส้นใยเห็ดดังกล่าวใช้เวลาเจริญเต็มถุง 17-18 วัน เร็วกว่า control ซึ่งใช้เวลานานที่สุด คือ 20 วัน แต่เส้นใยใน control มีความหนาแน่นมากที่สุด อาจเป็นเพราะระดับ pH 6.15 เหมาะสมต่อการดูดซึมธาตุอาหารของเส้นใยเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chang and Miles (1989) กล่าวว่าระดับ pH 5.5-6.5 เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรม

1.2 ระยะเวลาตั้งแต่เปิดดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวดอกเห็ดรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

จากการบันทึกระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวดอกเห็ดรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 (โรงเรือนเพาะเห็ดมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 85% ตลอดการทดลอง) พบว่าการใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะ ใช้เวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวดอกเห็ดรุ่นที่ 1 ไม่แตกต่างกัน และการใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตอัตรา 0.5 : 1 : 3 และ 1 : 0.5 : 0 %โดยน้ำหนัก ใช้เวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวดอกเห็ดรุ่นที่ 2 และมีระยะห่างของการออกดอกระหว่างรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 สั้นกว่า control และวัสดุเพาะสูตรอื่น ๆ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการีจากวัสดุเพาะที่เติมปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์อัตราต่าง ๆ กัน

สูตรวัสดุเพาะ (ปูนขาว: ยิปซัม: ภูไมท์ซัลเฟต)	ระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวเห็ดรุ่น 1 (วัน)	ระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวเห็ดรุ่น 2 (วัน)	ช่วงห่างระหว่างเห็ดรุ่น 1-2 (วัน)
control	9.9	56.9 a[1/]	47.0 a
0.5:1:0	12.6	55.0 a	42.4 ab
0.5:1:3	15.3	39.0 b	23.7 c
1:0.5:0	11.9	32.2 b	20.3 c
1:0.5:3	15.9	51.6 a	35.7 b
C.V. (%)	36.6	22.8	32.6
F-test	ns	**	**

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

2. ผลผลิตสดเฉลี่ยรุ่นที่ 1 รุ่นที่ 2 และผลผลิตสดรวมเฉลี่ยของเห็ดนางรมฮังการี

การใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะให้น้ำหนักดอกเห็ดสดเฉลี่ยต่อถุงแตกต่างกันเฉพาะผลผลิตดอกเห็ดรุ่นที่ 1 กล่าวคือ control ให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 73.93 กรัมต่อถุง มากกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ (เฉลี่ย 51.6-52.7 กรัม/ถุง) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ control มี pH 6.15 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมฮังการีมากกว่าวัสดุเพาะสูตรอื่นที่มี pH 9-10

นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุเพาะทุกสูตรไม่มีผลต่อผลผลิตดอกเห็ดสดรวมเฉลี่ยต่อถุง และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%B.E.) โดยผลผลิตรวมมีค่าเฉลี่ยช่วง 81.56-98.62 กรัมต่อถุง และ %B.E. มีค่าเฉลี่ยช่วง 38.83-46.96% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลผลิตเฉลี่ยแต่ละรุ่น ผลผลิตรวมเฉลี่ย และประสิทธิภาพการใช้อาหารของเห็ดนางรมฮังการี จากวัสดุเพาะที่เติมปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์อัตราต่าง ๆ กัน

สูตรวัสดุเพาะ (ปูนขาว: ยิปซัม: ภูไมท์ซัลเฟต)	ผลผลิตเฉลี่ย (กรัม/ถุง)		ผลผลิตรวมเฉลี่ย (กรัม/ถุง)	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%B.E.)
	รุ่น 1	รุ่น 2		
control	73.93 a[1/]	24.69	98.62	46.96
0.5:1:0	52.67 b	28.89	81.56	38.83
0.5:1:3	51.66 b	35.17	86.83	41.35
1:0.5:0	52.70 b	33.41	86.12	41.00
1:0.5:3	51.85 b	30.04	81.90	38.99
C.V. (%)	23.85	33.73	19.66	19.66
F-test	**	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

**,* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % และ95%

จากการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อและปริมาณแคลเซียมของดอกเห็ดนางรมฮังการีจากวัสดุเพาะสูตรต่าง ๆ ปรากฏผลดังนี้

1. ความแน่นเนื้อของเห็ดนางรมฮังการีรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

จากการวัดความแน่นเนื้อบริเวณหมวกและก้านดอกของเห็ดนางรมฮังการีทั้งสองรุ่น พบว่าดอกเห็ดรุ่นที่ 1 มีความแน่นเนื้อแตกต่างกันเฉพาะบริเวณขอบหมวก กล่าวคือดอกเห็ดที่ได้จากวัสดุเพาะที่ใส่ภูไมท์ซัลเฟต 3% มีความแน่นเนื้อสูงที่สุด (1.25 และ1.29 นิวตัน) นอกจากนี้ยังพบว่าความแน่นเนื้อทุกส่วนของดอกเห็ดดังกล่าวรุ่นที่ 2 ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3)

2. ปริมาณแคลเซียมของเห็ดนางรมฮังการีรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมของดอกเห็ดนางรมฮังการีทั้งสองรุ่น พบว่าการใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะ ส่งผลให้ดอกเห็ดรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 มีปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างจาก control โดยดอกเห็ดรุ่นที่ 1 มีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 0.0111-0.0171% ส่วนดอกเห็ดรุ่นที่ 2 มีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 0.0123-0.0194% (ตารางที่ 3) ทั้ง ๆ ที่วัสดุเพาะที่ใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตรามีปริมาณแคลเซียมสูงกว่า control (ภาพที่ 2) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตไม่ละลายน้ำ ทำให้มีแคลเซียมในรูปแคตไอออน (Ca^{++}) แตกตัวออกมาน้อย เห็ดจึงดูดซึม Ca^{++} ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในดอกเห็ดน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ภูไมท์ซัลเฟต 3% ส่งผลให้วัสดุเพาะมีปริมาณแคลเซียมสูงสุด (3.40-3.53%) (ภาพที่ 2) และดอกเห็ดนางรมฮังการีมีความแน่นเนื้อบริเวณขอบหมวกมากกว่าการใส่วัสดุอื่น ๆ อาจเป็นเพราะภูไมท์ซัลเฟตมีซิลิก้า (Si) เป็นส่วนประกอบซึ่งละลายน้ำได้ ดอกเห็ดสามารถดูดซึมไปใช้ในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ดอกเห็ดดังกล่าวมีน้ำหนักดี และมีขนาดใหญ่ (ชุรภา, 2547; นิรนาม, 2549) อีกทั้งธาตุดังกล่าวยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์ ทำให้ผลผลิตมีความแน่นเนื้อสูงขึ้น (Husby, 1998; Richmond and Sussmary, 2003)

ตารางที่ 3 ความแน่นเนื้อบริเวณหมวกดอก ก้านดอกและปริมาณแคลเซียม (%) ของเห็ดนางรมฮังการีรุ่น 1 และรุ่น 2 จากวัสดุเพาะที่เติมปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์อัตราต่าง ๆ กัน

สูตรวัสดุเพาะ (ปูนขาว: ยิปซัม: ภูไมท์ซัลเฟต)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)								ปริมาณแคลเซียม (%)	
	กลางหมวก		ขอบหมวก		ปลายครีบ		กลางก้าน			
	รุ่น 1	รุ่น 2	รุ่น 1	รุ่น 2	รุ่น 1	รุ่น 2	รุ่น 1	รุ่น 2	รุ่น 1	รุ่น 2
control	1.89	1.77	1.16 ab[1/]	1.23	4.18	4.05	5.49	5.30	0.0171	0.0194
0.5:1:0	1.64	1.91	0.99 b	1.40	4.33	4.48	5.24	5.68	0.0135	0.0144
0.5:1:3	1.76	2.24	1.25 a	1.31	4.57	4.83	6.15	6.43	0.0111	0.0174
1:0.5:0	1.85	1.82	1.12 ab	1.17	3.87	3.99	5.20	5.23	0.0170	0.0175
1:0.5:3	1.97	2.02	1.29 a	1.34	4.35	4.35	5.71	5.89	0.0141	0.0123
C.V. (%)	16.41	31.36	16.47	28.93	20.29	20.37	20.32	18.89	38.92	78.95
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<u>การทดลองที่ 1.2</u> ศึกษาผลของสารประกอบแคลเซียม (ปูนขาว (CaO), ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$), หินปูนป่น ($CaCO_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และภูไมท์ซัลเฟต) ต่อผลผลิตเห็ดนางรมฮังการี

จากการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัสดุเพาะสูตรต่าง ๆ รวมทั้งระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเติบโตเต็มถุง (วัน) ระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวดอกเห็ด (วัน) ผลผลิตเฉลี่ยรุ่นที่ 1 (กรัม/ถุง) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%B.E.) ของเห็ดนางรมฮังการี ปรากฏผลดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่างของวัสดุเพาะ

การใส่ปูนขาว และหินปูนป่น 0.2 เปอร์เซ็นต์ลงในวัสดุเพาะ ส่งผลให้วัสดุเพาะมี pH (7.50 และ 6.50 ตามลำดับ) สูงกว่า control (6.2) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 1.1 (ภาพที่ 1) กล่าวคือการใส่ปูนขาวปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้วัสดุเพาะมี pH สูงขึ้น และเมื่อใส่ปูนขาวในวัสดุเพาะลดลงจาก 0.5 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้วัสดุเพาะมี pH ลดลงจาก 9.29 เหลือ 7.50 ส่วนการใส่ยิปซัม แคลเซียมคลอไรด์ และภูไมท์ซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์นั้น วัสดุเพาะมีค่า pH ไม่แตกต่างจาก control (ตารางที่ 4)

2. ระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเติบโตเต็มถุง (วัน) และระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้เห็ดออกดอกถึงเก็บเกี่ยว (วัน)

การใส่ปูนขาว 0.2 เปอร์เซ็นต์ในวัสดุเพาะ ส่งผลให้เส้นใยเห็ดนางรมฮังการีใช้เวลาเจริญเติบโตเต็มถุงสั้นที่สุด (17 วัน) ในขณะที่การใส่ยิปซัม หินปูนป่น แคลเซียมคลอไรด์ และภูไมท์ซัลเฟตในวัสดุเพาะ เส้นใยเห็ดใช้เวลาเจริญเติบโตเต็มถุงไม่แตกต่างจาก control (19 วัน) ส่วนระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวดอกเห็ดไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 7-9 วัน (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับการทดลองที่ 1.1 กล่าวคือการใส่ปูนขาว ยิปซัม และภูไมท์ซัลเฟตทุกอัตราในวัสดุเพาะเส้นใยเห็ดนางรมฮังการีใช้เวลาเจริญเติบโตเต็มถุงเพียง 17-18 วัน ขณะที่ control ใช้เวลาดังกล่าว 20 วัน

3. ผลผลิตเฉลี่ยรุ่นที่ 1 (กรัม/ถุง) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%B.E.)

การใส่ปูนขาว ยิปซัม หินปูนป่น แคลเซียมคลอไรด์ และภูไมท์ซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ ลงในวัสดุเพาะส่งผลให้น้ำหนักดอกเห็ดสดเฉลี่ยต่อถุง และประสิทธิภาพการใช้อาหารของดอกเห็ดรุ่นที่ 1 ไม่แตกต่างกัน โดยมีน้ำหนักดอกเห็ดสดเฉลี่ยต่อถุงอยู่ในช่วง 51.54-57.64 กรัมต่อถุง และมีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารอยู่ในช่วง 24.54-26.90% (ตารางที่ 4) อาจเป็นเพราะวัสดุเพาะมีระดับ pH ใกล้เคียงกัน (6.13-7.50) จึงทำให้เห็ดสามารถดูดธาตุอาหารจากวัสดุเพาะไปใช้สร้างดอกเห็ดได้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักดอกเห็ดสดเฉลี่ยของ control ทั้ง 2 การทดลอง พบว่าน้ำหนักดอกเห็ด จากการทดลองนี้มีค่าน้อยกว่าจากการทดลองที่ 1.1 เพราะ pH ของวัสดุเพาะของการทดลองที่ 1.1 มีค่าเท่ากับ 6.15 (ภาพที่ 1) อาจเป็น pH ที่เหมาะสมต่อการดูดธาตุอาหารของเห็ดมากกว่า จึงส่งผลให้ได้ผลผลิตมากกว่าการทดลองนี้ นอกจากนี้ ในการเพาะให้ออกดอกของทั้ง2 การทดลองมีอุณหภูมิแตกต่างกัน กล่าวคือการทดลองนี้เปิดถุงให้ออกดอกเดือนสิงหาคม ซึ่งมีสภาพอากาศค่อนข้างร้อน (อุณหภูมิเฉลี่ย 29-31 องศาเซลเซียส) ในขณะที่การทดลองที่ 1.1 เปิดให้ออกดอกเดือนพฤศจิกายน ซึ่งมีสภาพอากาศค่อนข้างเย็น (อุณหภูมิเฉลี่ย 26-27 องศาเซลเซียส) อาจเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญและพัฒนาของดอกเห็ด จึงส่งผลให้ได้ดอกเห็ดที่มีน้ำหนักดีกว่าการทดลองนี้

ตารางที่ 4 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัสดุเพาะ ระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเติบโตเต็มถุง ระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ย และประสิทธิภาพการใช้อาหารของเห็ดนางรมฮังการีจากวัสดุเพาะที่เติมสารประกอบแคลเซียมรูปต่าง ๆ กัน

สูตรวัสดุเพาะ	ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเติบโตเต็มถุง (วัน)	ระยะเวลาตั้งแต่เปิดให้ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวดอกเห็ด (วัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กรัม/ถุง)	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (% B.E.)
control	6.20 c	19.56 ab	7.11	54.81	26.10
0.2% CaO	7.50 a	17.78 c	7.66	51.54	24.54
0.2% $CaSO_4.2H_2O$	6.13 c	19.89 a	8.00	57.64	27.44
0.2% $CaCO_3$	6.50 b	19.44 ab	9.11	56.00	26.60
0.2% $CaCl_2$	6.20 c	19.67 a	9.11	56.51	26.90
0.2% Pumice sulfate	6.23 c	18.89 b	7.88	56.31	26.81
C.V. (%)	0.51	3.50	19.84	16.89	16.88
F-test	**	**	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

การศึกษาหลังการเก็บเกี่ยว แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

<u>การทดลองที่ 2.1</u> ผลของระยะเก็บเกี่ยวร่วมกับการลดอุณหภูมิ (precooling) ต่อคุณภาพและอายุการรักษาของเห็ดนางรมฮังการี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเห็ดนางรมฮังการี ภายหลังการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน ปรากฏผลดังนี้

1. <u>การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ</u>

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ดอกเห็ดบาน 70-80% และ 90-100% สูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าดอกเห็ดดังกล่าวที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (control) สูญเสียน้ำหนัก (2.67%) มากกว่าดอกเห็ดที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งและห้องเย็น ซึ่งสูญเสียน้ำหนักเพียง 2.03% และ 2.04% ตามลำดับ หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน (ตารางที่ 5) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลดอุณหภูมิช่วยลดอัตราการหายใจ และการคายน้ำของผลิตผล ซึ่งเกิดขึ้นได้ทางบาดแผลจากการตัดแต่ง และเกิดมากขึ้นถ้าเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิสูง (จริงแท้, 2544) นอกจากนี้ Saxena and Rai (1988) รายงานว่าเห็ดกระดุมสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน

ระยะเก็บเกี่ยว	วิธีลดอุณหภูมิ	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		2	4	6
ดอกบาน 70-80%	ไม่ลดอุณหภูมิ	1.51 a[1/]	1.85 a	2.65 a
	น้ำแข็ง	1.01 ab	1.19 b	2.00 b
	ห้องเย็น	0.66 b	1.21 b	2.00 b
ดอกบาน 90-100%	ไม่ลดอุณหภูมิ	1.61 a	2.10 a	2.69 a
	น้ำแข็ง	0.74 b	1.24 b	2.06 b
	ห้องเย็น	0.85 b	1.29 b	2.08 b
% C.V.		32.39	17.64	11.77
ระยะเก็บเกี่ยว		ns	ns	ns
วิธีลดอุณหภูมิ		**	**	**
ระยะเก็บเกี่ยว×วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)
ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ
*, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99%

1.2 ความแน่นเนื้อ

เมื่อวัดความแน่นเนื้อดอกเห็ดหลังนำออกจากห้องเย็นพบว่า ดอกเห็ดบาน 70-80% และ 90-100% มีความแน่นเนื้อทั้งบริเวณกลางหมวกและขอบหมวกดอกลดลง หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าความแน่นเนื้อบริเวณดังกล่าวมีค่าแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน โดยดอกเห็ดบาน 90-100% มีความแน่นเนื้อสูงกว่าดอกบาน 70-80% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดอกเห็ดแก่มีการพัฒนาและมีการสะสมไคตินมากขึ้นระหว่างเก็บรักษา จึงอาจส่งผลให้เนื้อเยื่อ

ดอกเห็ดมีความเหนียว และความแน่นเนื้อมากขึ้น (Zivanovic *et al*., 2000) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Simon and Gurria (2000) กล่าวว่าความแน่นเนื้อของเห็ดมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาของดอกเห็ด กล่าวคือดอกเห็ดที่อายุมากเนื้อเยื่อเห็ดจะเหนียวมากขึ้นไม่น่ารับประทาน นอกจากนี้ยังพบว่าดอกเห็ดทั้งสองระยะที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีความแน่นเนื้อลดลงไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน (ตารางที่ 6) อาจเป็นเพราะดอกเห็ดสูญเสียน้ำมากขึ้น ส่งผลให้เซลล์สูญเสียความเต่ง และเกิดช่องว่างอากาศภายในเซลล์ (intercellular space) ทำให้ดอกเห็ดอ่อนนุ่มลง ความแน่นเนื้อลดลง

จากการศึกษาความแน่นเนื้อของก้านดอกเห็ดดังกล่าว พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 4 วัน ดอกเห็ดบาน 90-100% มีความแน่นเนื้อบริเวณปลายครีบ และกลางก้านสูงกว่าดอกเห็ดบาน 70-80% นอกจากนี้พบว่าดอกเห็ดทั้งสองระยะที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน (ตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับความแน่นเนื้อบริเวณหมวกดอก

ตารางที่ 6 ความแน่นเนื้อของหมวกดอกเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

ระยะเก็บเกี่ยว	วิธีลดอุณหภูมิ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)							
		กลางหมวก				ขอบหมวก			
		0	2	4	6	0	2	4	6
ดอกบาน 70-80%	ไม่ลดอุณหภูมิ	6.99	2.94	2.61	2.15	3.85	1.82 b[1/]	1.63	1.11
	น้ำแข็ง	5.62	3.00	2.42	2.35	2.28	1.69 b	1.31	1.30
	ห้องเย็น	5.29	3.33	2.28	2.48	2.35	2.28 ab	1.37	1.37
ดอกบาน 90-100%	ไม่ลดอุณหภูมิ	7.90	3.92	3.33	2.28	4.31	3.01 a	2.09	1.50
	น้ำแข็ง	6.86	3.53	2.68	2.48	3.39	2.28 ab	1.50	1.56
	ห้องเย็น	6.27	4.11	2.48	2.93	3.13	2.48 ab	1.82	1.64
% C.V.		16.27	17.62	19.63	17.55	20.81	17.92	18.80	21.33
ระยะเก็บเกี่ยว		ns	*	ns	ns	*	**	*	ns
วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว×วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ *, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ตารางที่ 7 ความแน่นเนื้อของก้านดอกเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

ระยะเก็บเกี่ยว	วิธีลดอุณหภูมิ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)							
		ปลายครีบ				กลางก้าน			
		0	2	4	6	0	2	4	6
ดอกบาน 70-80%	ไม่ลดอุณหภูมิ	4.83 b[1/]	4.18 b	4.77	4.44	7.97 ab	5.94 b	6.46	6.46
	น้ำแข็ง	4.24 b	4.57 b	4.89	4.64	6.27 b	6.53 b	6.72	5.88
	ห้องเย็น	4.18 b	5.09 ab	4.77	4.77	6.07 b	6.79 b	6.01	6.33
ดอกบาน 90-100%	ไม่ลดอุณหภูมิ	6.07 a	6.27 a	6.14	4.83	8.95 a	8.49 a	8.69	6.66
	น้ำแข็ง	4.90 b	6.20 a	4.90	4.83	6.92 ab	8.88 a	6.73	6.40
	ห้องเย็น	4.96 b	6.40 a	5.03	4.96	6.40 b	9.21 a	7.12	6.59
% C.V.		12.77	13.24	14.20	7.37	15.52	11.50	14.17	9.63
ระยะเก็บเกี่ยว		*	**	ns	ns	ns	**	*	ns
วิธีลดอุณหภูมิ		*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว×วิธีลดอุณหภูมิ		*	**	ns	ns	*	**	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ *, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

1.3 การเปลี่ยนแปลงสี

จากการทดลองพบว่า ก่อนการเก็บรักษา (0 วัน) ดอกเห็ดบาน 70-80% มีค่าความสว่าง (L) อยู่ระหว่าง 78.22-80.36 น้อยกว่าดอกเห็ดบาน 90-100% ซึ่งมีค่า L อยู่ระหว่าง 78.65-83.86 ทั้งนี้เนื่องจากดอกเห็ดนางรมฮังการีอ่อนมีสีเทาอ่อน และเมื่อดอกเห็ดมีอายุมากขึ้น สีของดอกเห็ดจางลงกลายเป็นสีค่อนข้างขาว ซึ่งมีค่า L สูงกว่าดอกอ่อน ส่วนค่า b พบว่าดอกเห็ดบาน 70-80% ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งมีค่าดังกล่าวสูงสุด (12.36) (ตารางผนวกที่ 1)

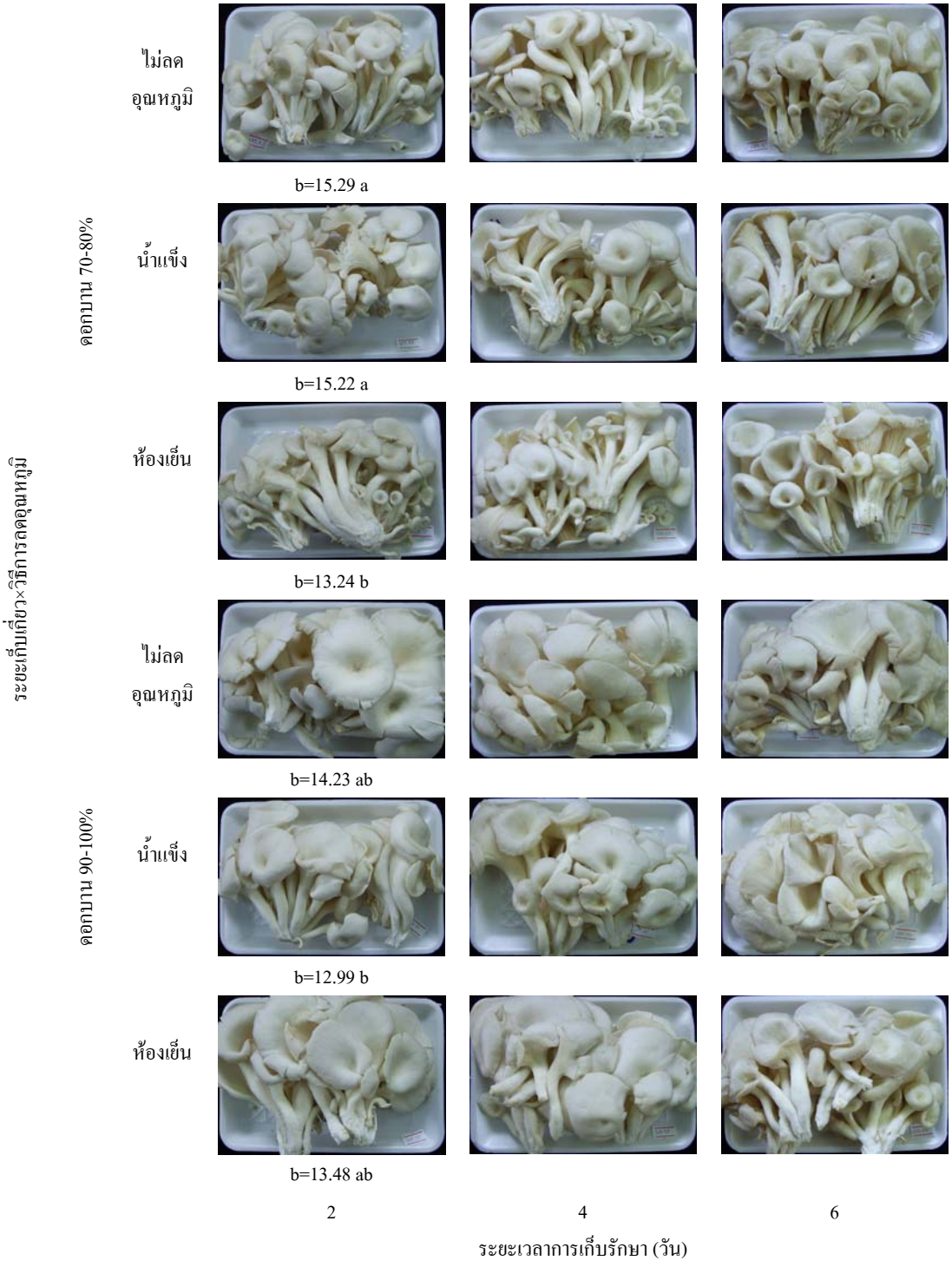
นอกจากนี้ยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาดอกเห็ดดังกล่าว เป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน ดอกเห็ดมีค่า L ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่า b แตกต่างกันเฉพาะวันที่ 2 หลังเก็บรักษา โดยดอกเห็ดบาน 70-80% ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งมีสีเหลืองมากที่สุด ซึ่งมีค่า b เท่ากับ 15.29 และ 15.22 ตามลำดับ (ภาพที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิในลังน้ำแข็ง (14 องศาเซลเซียส) สูงกว่าอุณหภูมิในห้องเย็น (5 องศาเซลเซียส) ดังนั้นจึงลดอุณหภูมิดอกเห็ดได้น้อยกว่า อีกทั้งระยะเวลาในการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งอาจสั้นเกินไป ทำให้อุณหภูมิของดอกเห็ดยังคงสูงอยู่ (ภาพผนวกที่ 1) อาจส่งผลให้ดอกเห็ดมีสีเหลืองมากขึ้น นอกจากนี้การที่ดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับเอนไซม์ PPO (Nichols, 1985; Burton, 1993)

1.4 การเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และเส้นใยบริเวณก้านดอกเห็ด

จากการทดลองพบว่า ดอกเห็ดบาน 70-80% และ 90-100% ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวมากกว่าดอกเห็ดที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็ง และห้องเย็น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าดอกเห็ดดังกล่าวที่ลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็นมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวน้อยที่สุด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน (ภาพที่ 4A) ซึ่งกลิ่นดังกล่าวอาจเกิดจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเจริญได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง และความชื้นสูง (Burton, 1993) ส่งผลให้ดอกเห็ดเกิดสี และกลิ่นที่ผิดปกติ

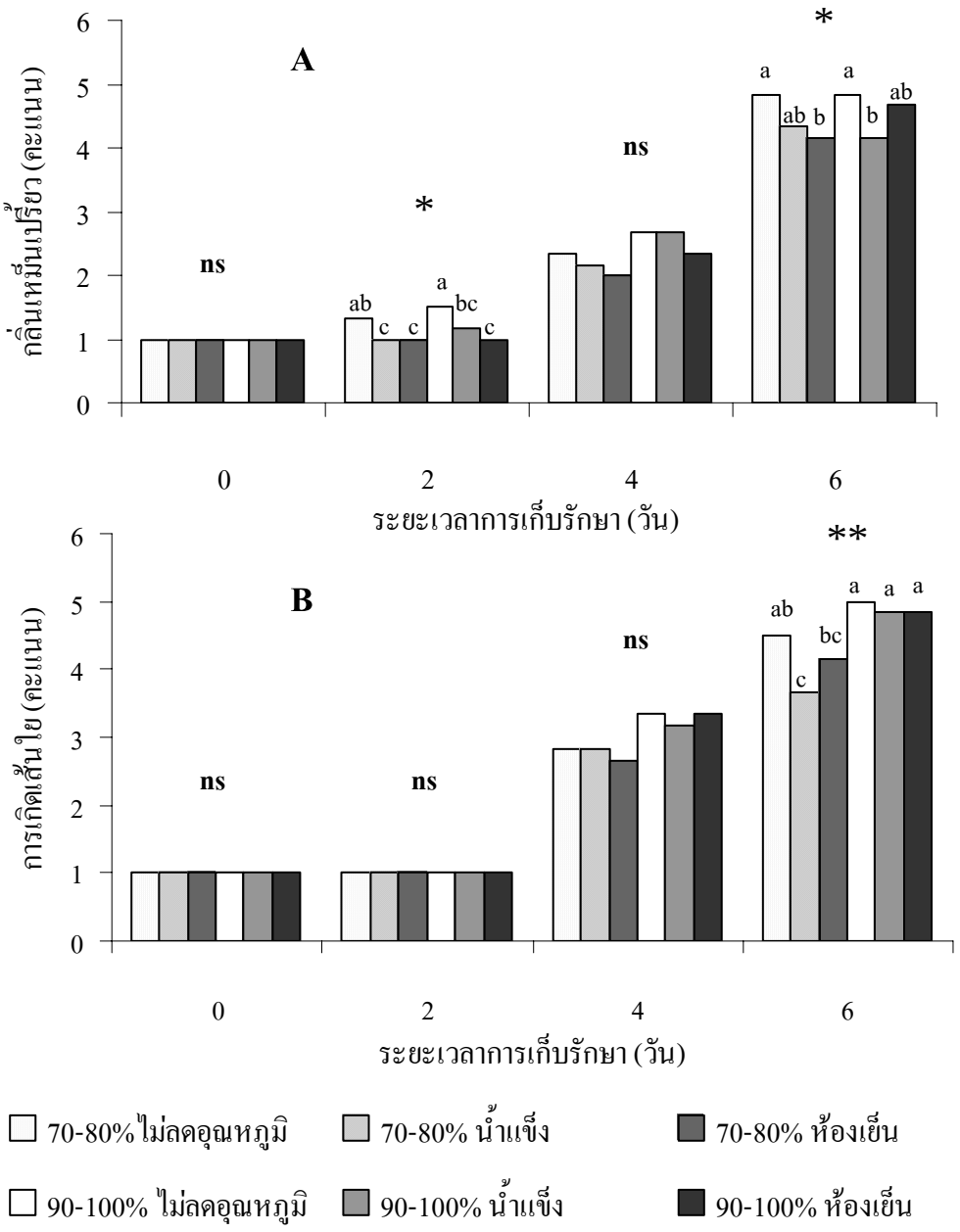
ส่วนการเกิดเส้นใยบริเวณโคนก้านดอกเห็ด ซึ่งเริ่มสังเกตเห็นได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน และเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยดอกเห็ดบาน 90-100% มีการเกิดเส้นใยฟูบริเวณโคนก้านมากกว่าเห็ดบาน 70-80% อาจเป็นเพราะเห็ดระยะดังกล่าวมีการหายใจสูง จึงมีการสะสมก๊าซ CO_2 ภายในภาชนะบรรจุมาก และมีความชื้นสูง ซึ่งสภาพดังกล่าวมีส่วน

กระตุ้นให้เกิดการฟูของเส้นใยเห็ด นอกจากนี้พบว่าการลดอุณหภูมิเห็ดดังกล่าวด้วยน้ำแข็ง และห้องเย็นสามารถลดการเกิดเส้นใยบริเวณก้านเห็ดได้ (ภาพที่ 4B) เพราะอุณหภูมิต่ำช่วยลดการหายใจของดอกเห็ด ลดการสะสม CO_2 และลดความชื้นภายในภาชนะบรรจุด้วย



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงสี: ค่าความสว่าง (L-value) และ ค่าสีเหลือง (b-value) ของเห็ดนางรมฮังการีดอกบาน 70- 80% และ 90-100% หลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 0 2 4 และ 6 วัน

หมายเหตุ ค่า b ที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4 คะแนนการเปลี่ยนแปลง (A) กลิ่น และ (B) การเกิดเส้นใยของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

หมายเหตุ กราฟแท่งที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

2. <u>การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี</u>

2.1 ปริมาณโปรตีน

จากการทดลองพบว่า ก่อนการเก็บรักษา (0 วัน) ดอกเห็ดนางรมฮังการีบาน 70-80% มีปริมาณโปรตีน 4.01-7.01% น้ำหนักแห้ง สูงกว่าเห็ดบาน 90-100% ที่มีโปรตีน 1.08-2.13% น้ำหนักแห้ง อาจเป็นเพราะเห็ดอ่อนมีการสังเคราะห์โปรตีน และสะสมเพื่อกระบวนการพัฒนาของดอกเห็ดมากกว่าเห็ดแก่ที่มีการใช้โปรตีน เนื่องจากกำลังเข้าสู่กระบวนการชราภาพ (senescence) สอดคล้องกับรายงานของ Garcha *et al*. (1980) กล่าวว่าเห็ดนางรมอ่อนมีโปรตีน (20.7% น้ำหนักแห้ง) สูงกว่าเห็ดนางรมที่เจริญเติบโตเต็มที่ (17.0% น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน เห็ดทั้งสองระยะที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 8) แต่มีแนวโน้มว่าเห็ดทั้งสองระยะที่ลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็น มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าดอกเห็ดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็ง อาจเป็นเพราะดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียน้ำมากกว่าดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ดอกเห็ดมีสัดส่วนของโปรตีนเพิ่มขึ้น

2.2 ปริมาณคาร์โบไฮเดรท (Total Nonstructural Carbohydrate: TNC)

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีทั้งสองระยะมีปริมาณ TNC ลดลงเมื่อเก็บรักษาเวลา 4 และ 6 วัน และพบความแตกต่างกันในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยเห็ดบาน 70-80% ซึ่งผ่านการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งมีปริมาณ TNC สูงสุด คือ 29.35 มก. D-glucose /ก.น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณ TNC ต่ำสุด คือ 20.92 มก. D-glucose /ก.น้ำหนักแห้ง เมื่อลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็น (ตารางที่ 8) อาจเป็นเพราะน้ำตาลภายในดอกเห็ดถูกใช้ไปกับกระบวนการหายใจมากขึ้นระหว่างเก็บรักษาดอกเห็ดดังกล่าวจึงมีปริมาณ TNC ลดลง (Hammond, 1978)

2.3 ปริมาณน้ำตาลรวม (Total sugars)

จากการทดลองพบว่า ดอกเห็ดบาน 70-80% และ 90-100% ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีปริมาณน้ำตาลสูงสุด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน (ยกเว้นดอกเห็ดบาน 90-100% ที่ไม่ลดอุณหภูมิ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคาร์โบไฮเดรทที่อยู่ในรูปโครงสร้าง รวมทั้งพวก

โพลิเมอร์ต่าง ๆ ที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนประกอบถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในระหว่างเก็บรักษา (Hammond, 1978) จึงทำให้ดอกเห็ดมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น (6 วัน) น้ำตาลดังกล่าวอาจถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ ดอกเห็ดจึงมีปริมาณน้ำตาลรวมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ TNC ของดอกเห็ดดังกล่าวที่มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (4 และ 6 วัน) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรทที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) น้ำตาลรวมของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

ระยะเก็บเกี่ยว	วิธีลดอุณหภูมิ	โปรตีน (% น้ำหนักแห้ง)				คาร์โบไฮเดรท (TNC) (มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง)				น้ำตาลรวม (มก. D-glucose /ก.น้ำหนักแห้ง)			
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
		0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
ดอกบาน 70-80%	ไม่ลดอุณหภูมิ	7.01	3.03	4.83	5.22	27.51	21.38 b	15.86	16.32	0.47	0.61	0.98	0.87
	น้ำแข็ง	5.18	4.00	7.25	6.02	33.18	29.35 a	18.31	16.93	0.42	0.95	0.87	0.84
	ห้องเย็น	4.01	3.28	4.04	4.76	22.83	20.92 b	17.93	17.85	0.36	0.84	0.89	0.73
ดอกบาน 90-100%	ไม่ลดอุณหภูมิ	2.13	4.46	5.09	4.73	31.42	26.05 ab	16.24	18.16	0.53	0.81	0.78	0.78
	น้ำแข็ง	1.12	4.58	3.56	5.10	21.76	21.45 b	17.62	20.15	0.33	0.64	0.98	0.78
	ห้องเย็น	1.08	2.56	2.34	3.30	31.42	21.92 b	17.16	21.91	0.64	0.81	1.01	0.93
% C.V.		40.19	59.45	39.53	28.28	21.83	14.19	22.69	19.45	57.21	25.06	25.36	32.27
ระยะเก็บเกี่ยว		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว×วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ *, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

2.4 ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber)

จากการทดลองพบว่า ดอกเห็ดบาน 70-80% และ 90-100% ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีปริมาณเยื่อใยแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน โดยดอกเห็ดบาน 70-80% ลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็นมีปริมาณเยื่อใยสูงสุด คือ 14.93% (ตารางที่ 9) อาจเป็นเพราะวิธีการลดอุณหภูมิดังกล่าวสามารถลดอุณหภูมิดอกเห็ดได้อย่างรวดเร็ว (ภาพผนวกที่ 1) ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเยื่อใยเกิดขึ้นน้อย ดอกเห็ดจึงมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าดอกเห็ดที่ลดอุณหภูมิด้วยวิธีอื่น ๆ

ตารางที่ 9 ปริมาณเยื่อใย (% นน.แห้ง) ของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลัง ลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน

ระยะเก็บเกี่ยว	วิธีลดอุณหภูมิ	ปริมาณเยื่อใย (% นน.แห้ง) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		0	2	4
ดอกบาน 70-80%	ไม่ลดอุณหภูมิ	18.02	9.34	10.92 ab[1/]
	น้ำแข็ง	12.71	14.39	8.92 b
	ห้องเย็น	9.73	13.11	14.93 a
ดอกบาน 90-100%	ไม่ลดอุณหภูมิ	18.08	10.97	13.10 ab
	น้ำแข็ง	17.77	9.69	10.67 ab
	ห้องเย็น	7.35	12.19	9.11 b
% C.V.		50.85	31.96	16.86
ระยะเก็บเกี่ยว		ns	ns	ns
วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว×วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	*

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.5 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolics)

จากการทดลองพบว่า การไม่ลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิดอกเห็ดนางรมฮังการีวิธีต่าง ๆ ไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในดอกเห็ดทั้งสองระยะ ซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.30-1.73 มก./ก.น้ำหนักสด ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 2 4 และ 6 วัน (ตารางที่ 10) อาจเป็นเพราะ L-tyrosine, L-Dopa, GHB (γ-L-glutaminyl-4-hydroxybenzene) และ GDHB (γ-L-glutaminyl-3, 4-dihydroxybenzene) (Jolivet *et al*., 1995) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญต่อการเกิดสีน้ำตาลในเห็ด แต่จากการทดลองนี้ดอกเห็ดดังกล่าวเกิดอาการสีน้ำตาลน้อย ดังนั้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในดอกเห็ดดังกล่าวที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าต่ำไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 10 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolics) ของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน

ระยะเก็บเกี่ยว	วิธีลดอุณหภูมิ	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มก./ก.น้ำหนักสด) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)			
		0	2	4	6
ดอกบาน 70-80%	ไม่ลดอุณหภูมิ	1.487	1.668	1.599	1.618
	น้ำแข็ง	1.438	1.703	1.606	1.622
	ห้องเย็น	1.396	1.735	1.594	1.684
ดอกบาน 90-100%	ไม่ลดอุณหภูมิ	1.389	1.539	1.724	1.466
	น้ำแข็ง	1.300	1.527	1.491	1.588
	ห้องเย็น	1.400	1.613	1.507	1.547
% C.V.		6.05	8.26	6.82	7.51
ระยะเก็บเกี่ยว		ns	*	ns	ns
วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว×วิธีลดอุณหภูมิ		ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

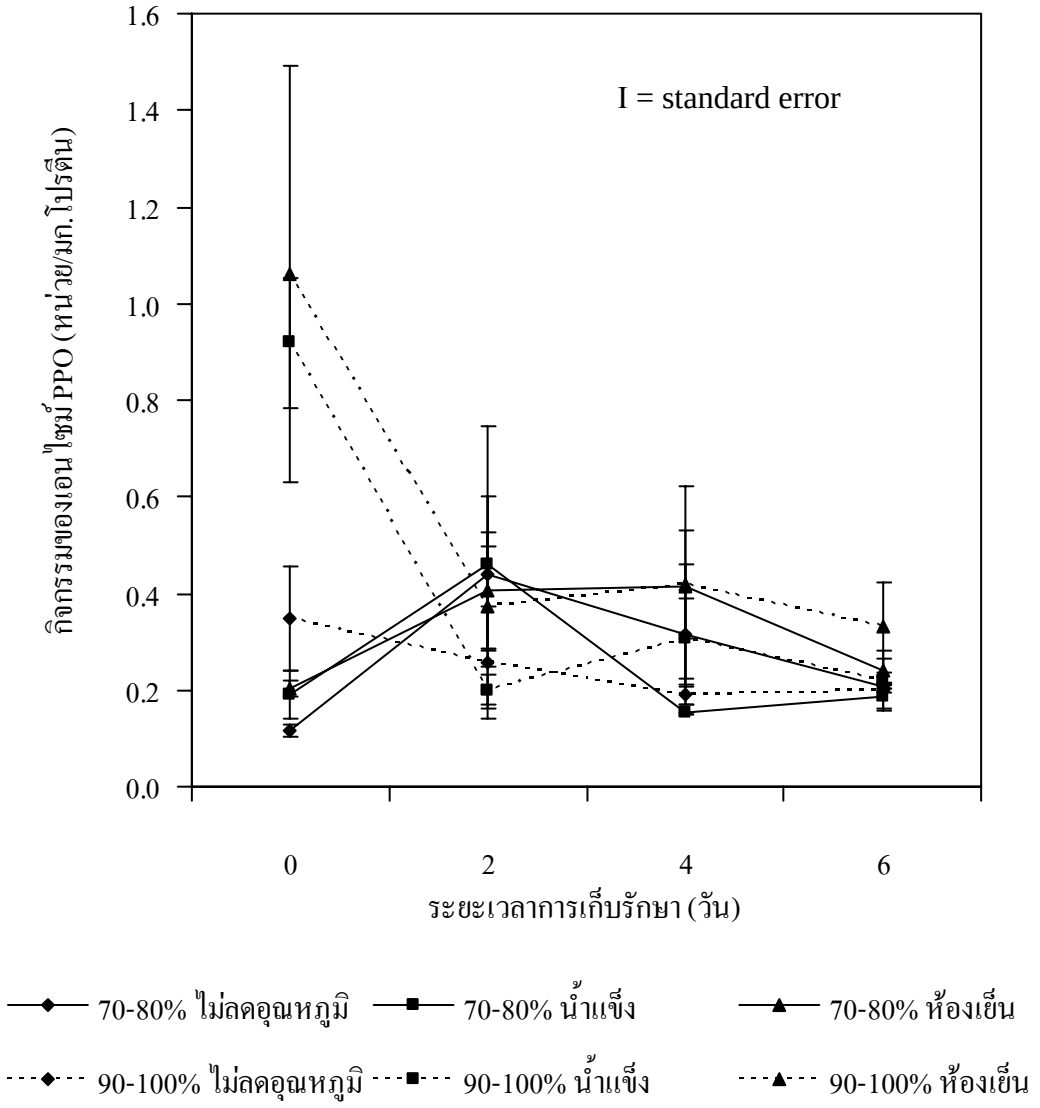
* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.6 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase activity)

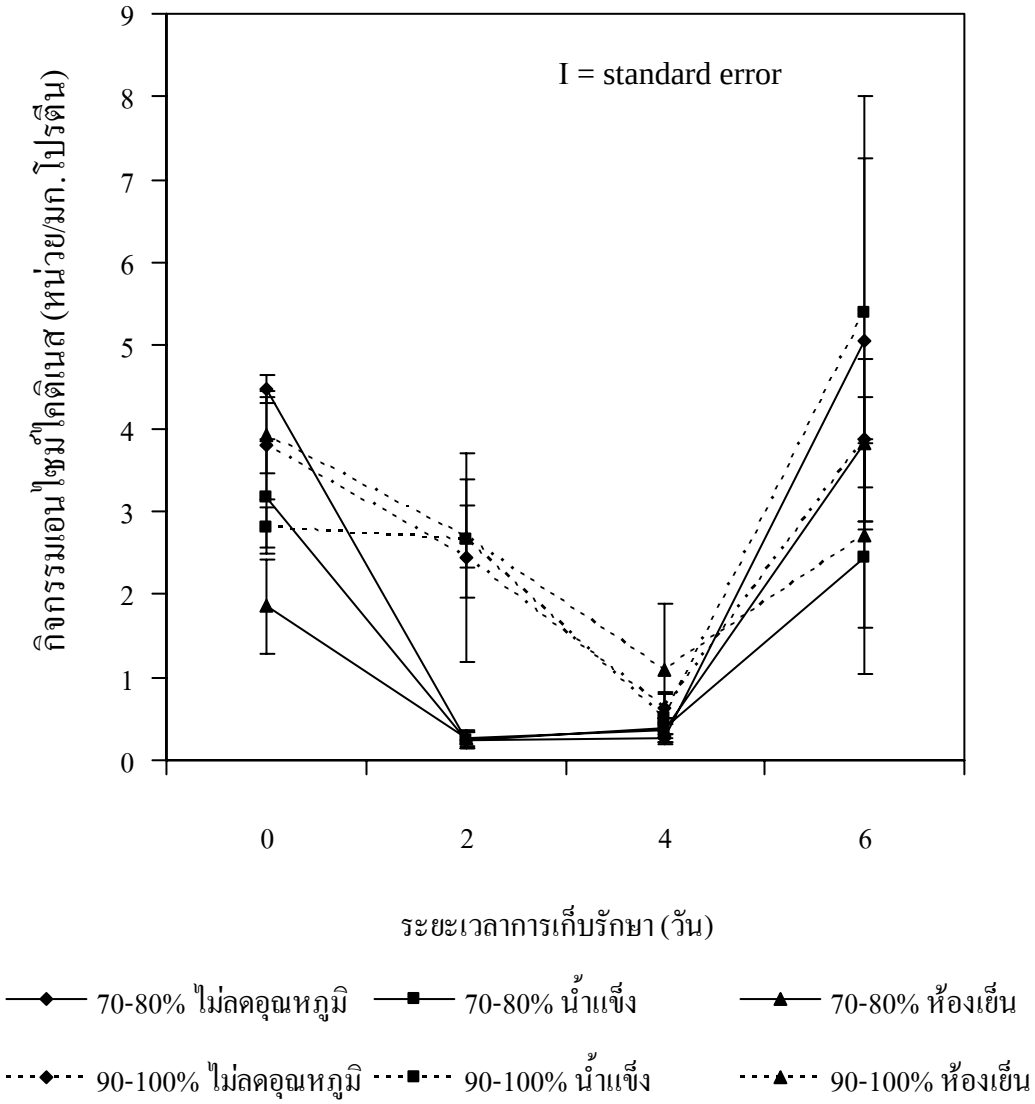
จากการทดลองพบว่า ก่อนเก็บรักษา (หลังลดอุณหภูมิ) ดอกเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 90-100% มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เท่ากับ 0.347-1.062 หน่วย/มก.โปรตีน มากกว่าดอกบาน 70-80% ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเท่ากับ 0.115-0.205 หน่วย/มก.โปรตีน อาจเป็นเพราะดอกเห็ดแก่กำลังเข้าสู่กระบวนการชราภาพ จึงมีการเสื่อมสลายของเยื่อหุ้มต่าง ๆ ภายในเซลล์มากกว่าเห็ดอ่อน ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกซึ่งอยู่ในออร์แกเนลต่าง ๆ สามารถทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO ได้มากขึ้น และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ดอกเห็ดบาน 90-100% มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวลดลงอย่างมาก ในขณะที่ดอกเห็ดบาน 70-80% มีปฏิกิริยาดังกล่าวเพิ่มขึ้น และไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะดอกบาน 90-100% เริ่มเข้าสู่กระบวนการชราภาพ ส่งผลให้มีกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง ในขณะที่ดอกบาน 70-80% ยังมีพัฒนาการอยู่จึงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่า ดอกเห็ดทั้งสองระยะที่ลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ เก็บรักษาเป็นเวลา 4 และ 6 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวค่อนข้างคงที่ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 5) อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาดอกเห็ดที่อุณหภูมิต่ำ (10 องศาเซลเซียส) สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Murr and Morris (1975) กล่าวว่าเห็ดกระดุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ค่อนข้างคงที่

2.7 กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส (Chitinase activity)

จากการทดลองพบว่า ก่อนเก็บรักษา (หลังลดอุณหภูมิ) ดอกเห็ดทั้งสองระยะที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสอยู่ระหว่าง 1.858-4.478 หน่วย/มก.โปรตีน ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน เห็ดบาน 90-100% มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเท่ากับ 2.444-6.696 หน่วย/มก.โปรตีน สูงกว่าเห็ดบาน 70-80% ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเท่ากับ 0.232-0.261 หน่วย/มก.โปรตีน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเห็ดแก่สร้างเอนไซม์ไคติเนสเพิ่มขึ้น เพื่อย่อยสลายไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใยเห็ด และเนื้อเยื่อของดอกเห็ด (Manzi and Pizzoferrato, 2000) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ดอกเห็ดทั้งสองระยะที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเพิ่มขึ้น ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 6) อาจเป็นเพราะเห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถคงคุณภาพได้เพียง 4 วัน หลังจากนั้นดอกเห็ดเกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น จึงมีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสเพิ่มขึ้น เพื่อย่อยสลายไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อเยื่อเห็ด



ภาพที่ 5 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 6 กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส (Chitinase) ของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% และ 90-100% ภายหลังลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

<u>การทดลองที่ 2.2</u> ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดนางรมฮังการี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% ที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็น (อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน ปรากฏผลดังนี้

1. <u>การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ</u>

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด และสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (2 4 และ 6 วัน) เท่ากับ 2.86% 5.26% และ 6.74% ตามลำดับ ส่วนเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเพียง 0.42% 0.53% และ 0.82% ตามลำดับ (ตารางที่ 11) อาจเป็นเพราะน้ำภายในดอกเห็ดเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำได้ง่ายในสภาพที่อุณหภูมิสูง ทำให้ดอกเห็ดมีความดันไอน้ำสูง ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในและรอบ ๆ ดอกเห็ด เป็นเหตุให้น้ำระเหยออกจากดอกเห็ดได้มากขึ้น (จริงแท้, 2544; Burton and Noble, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับ Saxena and Rai (1988) รายงานว่าเห็ดกระดุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น (5 10 และ 15 องศาเซลเซียส) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 11 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 4 และ6 วัน

อุณหภูมิเก็บรักษา	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
	2	4	6
อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)	2.86 a[1/]	5.26 a	6.74 a
5 องศาเซลเซียส	0.42 c	0.53 d	0.82 d
10 องศาเซลเซียส	0.76 bc	1.05 c	1.47 c
15 องศาเซลเซียส	1.00 b	1.91 b	2.57 b
% C.V.	15.81	11.90	7.67
F-test	**	**	**

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)
** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

1.2 ความแน่นเนื้อ

จากการวัดความแน่นเนื้อบริเวณกลางหมวก และขอบหมวกของเห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า เห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณกลางหมวกสูงสุด (2.74 นิวตัน) แต่ไม่ต่างจากดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อาจเป็นเพราะดอกเห็ดเก็บที่อุณหภูมิสูง ดอกเห็ดมีการเจริญและพัฒนาการมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดอกเห็ดจึงมีความเหนียวเพิ่มขึ้น และดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณดังกล่าวสูงสุด (2.29 และ 2.38 นิวตัน ตามลำดับ) อาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อดอกเห็ดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าดอกเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 6 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณกลางหมวกไม่แตกต่างกัน และไม่สามารถบันทึกความแน่นเนื้อของดอกเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ เพราะดอกเห็ดเน่าเสียอย่างรวดเร็ว ส่วนความแน่นเนื้อบริเวณขอบหมวก พบว่าดอกเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณดังกล่าวไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 12)

ดอกเห็ดนางรมฮังการีมีความแน่นเนื้อบริเวณปลายครีบ และกลางก้านแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 และ 6 วัน โดยดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 6 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณปลายครีบสูงสุด เท่ากับ 4.12 และ 3.89 นิวตัน ตามลำดับ และดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณดังกล่าวสูงสุด เท่ากับ 3.99 นิวตัน ส่วนความแน่นเนื้อบริเวณกลางก้านแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 และ 6 วัน โดยดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 6 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณกลางก้านสูงสุด (ตารางที่ 13) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาดอกเห็ดที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยลดการสูญเสียน้ำ และการหายใจของดอกเห็ด ส่งผลให้เห็ดมีความแน่นเนื้อสูง (Beelman *et al*., 1986)

ตารางที่ 12 ความแน่นเนื้อหมวกดอกของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ6 วัน

อุณหภูมิ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)							
	กลางหมวก				ขอบหมวก			
	0	2	4	6	0	2	4	6
อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)	2.35	2.29 ab[1/]	1.27 b	-	1.37	1.31	0.82	-
5 องศาเซลเซียส	2.68	2.16 bc	2.29 a	2.35	1.76	1.18	1.42	1.57
10 องศาเซลเซียส	2.09	1.70 c	2.38 a	2.16	1.11	1.63	1.31	1.18
15 องศาเซลเซียส	2.68	2.74 a	1.57 b	1.21	1.24	1.70	1.18	1.01
% C.V.	12.65	12.21	17.82	25.94	18.44	35.67	21.14	20.37
F-test	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ99%

ตารางที่ 13 ความแน่นเนื้อก้านดอกของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

อุณหภูมิ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)							
	ปลายครีบ				กลางก้าน			
	0	2	4	6	0	2	4	6
อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)	3.59	3.33	2.19 b[1/]	-	5.10	4.64	2.45 b	-
5 องศาเซลเซียส	4.12	4.12	4.12 a	3.99 a	5.29	5.29	5.42 a	5.16 a
10 องศาเซลเซียส	3.85	3.79	3.89 a	3.27 b	5.10	5.29	5.29 a	4.51 a
15 องศาเซลเซียส	3.99	4.12	2.61 b	2.12 c	5.16	5.62	3.46 b	2.71 b
% C.V.	10.39	11.23	16.76	9.05	13.86	17.61	20.26	8.95
F-test	ns	ns	**	**	ns	ns	**	**

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

1.3 การเปลี่ยนแปลงสี

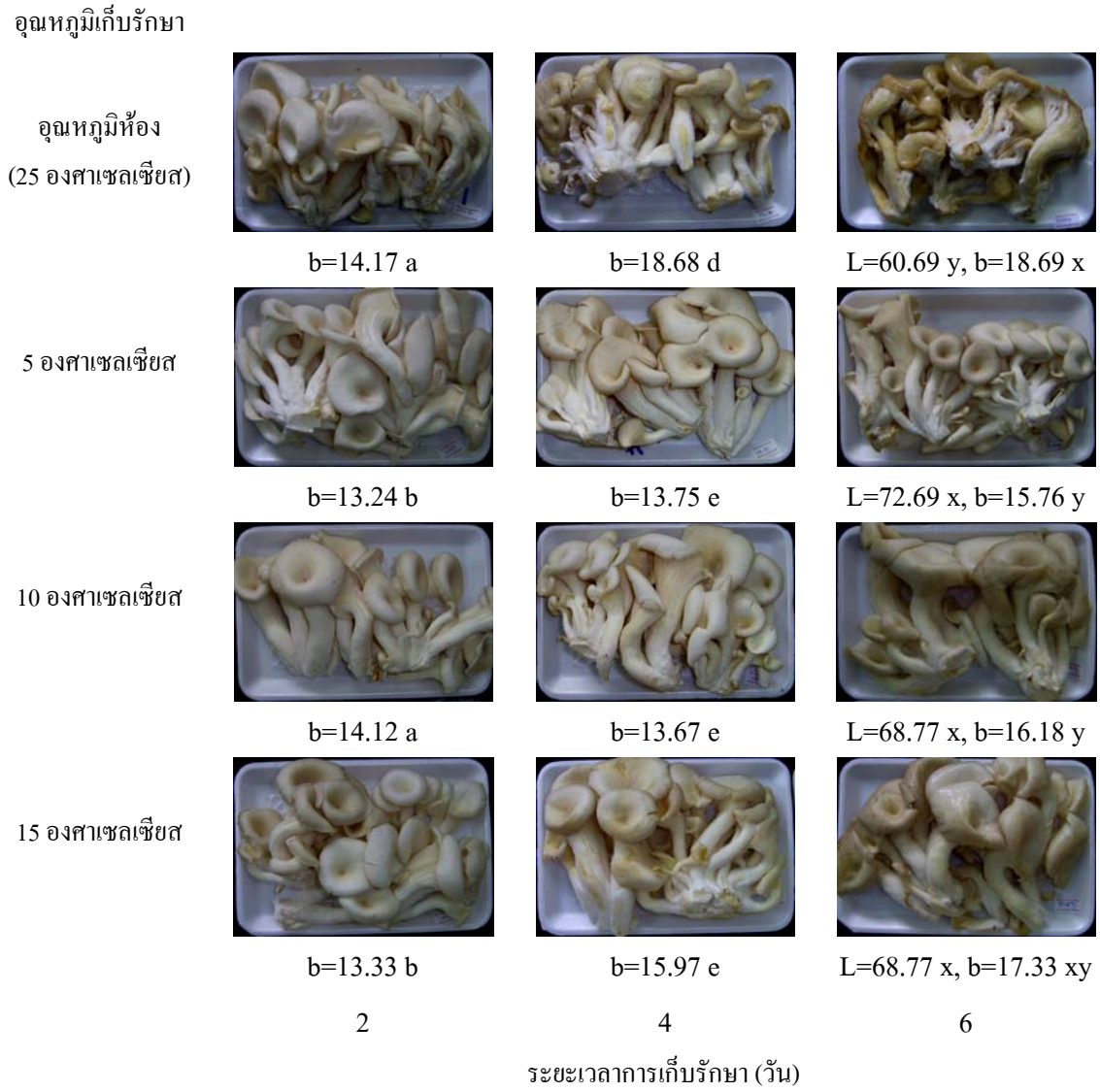
จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมดังกล่าวที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็น (5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษา (0 วัน) มีสีเทาอ่อน ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของเห็ดนางรมฮังการี โดยมีค่าความสว่าง (L) อยู่ระหว่าง 74.39-83.25 เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ดอกเห็ดดังกล่าวมีสีเทาจางลง และค่า L มีแนวโน้มลดลง ดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีค่า L สูงกว่าดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำช่วยลดการเจริญเติบโตและพัฒนาการของดอกเห็ด จึงทำให้ดอกเห็ดดังกล่าวมีสีเทาจางลงน้อยกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง สอดคล้องกับรายงานของ Murr and Morris (1975) กล่าวว่าเห็ดกระดุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีพัฒนาการมากกว่าเห็ดซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส ส่วนค่าสีเหลือง (b) พบว่าก่อนเก็บรักษา (0 วัน) ดอกเห็ดดังกล่าวมีค่า b อยู่ระหว่าง 13.32-15.44 และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ดอกเห็ดมีสีเหลืองมากขึ้น และค่า b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเก็บรักษาดอกเห็ดดังกล่าวที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 และ 6 วัน ดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน โดยมีค่า b สูงสุด เท่ากับ 18.69 (ภาพที่ 7) อาจเป็นเพราะดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง มีการสูญเสียน้ำ และอัตราการหายใจสูงขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ทำให้ดอกเห็ดเกิดอาการสีน้ำตาลมากขึ้น (Rajarathnam *et al*., 2003)

1.4 การเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และเส้นใยบริเวณก้านดอกเห็ด (คะแนน)

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวมากที่สุด โดยเริ่มสังเกตได้ตั้งแต่วันที่ 2 หลังเก็บรักษา ในขณะที่เห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวน้อยที่สุด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน (ภาพที่ 8A) ซึ่งกลิ่นดังกล่าวอาจเกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับดอกเห็ด สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง และความชื้นสูง (Burton *et al*., 1993) หรืออาจเกิดจากกระบวนหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีการสร้างสารอะซิตัลดีไฮด์ และแอลกอฮอล์ ส่งผลให้ดอกเห็ดเกิดกลิ่นผิดปกติ (จริงแท้, 2544)

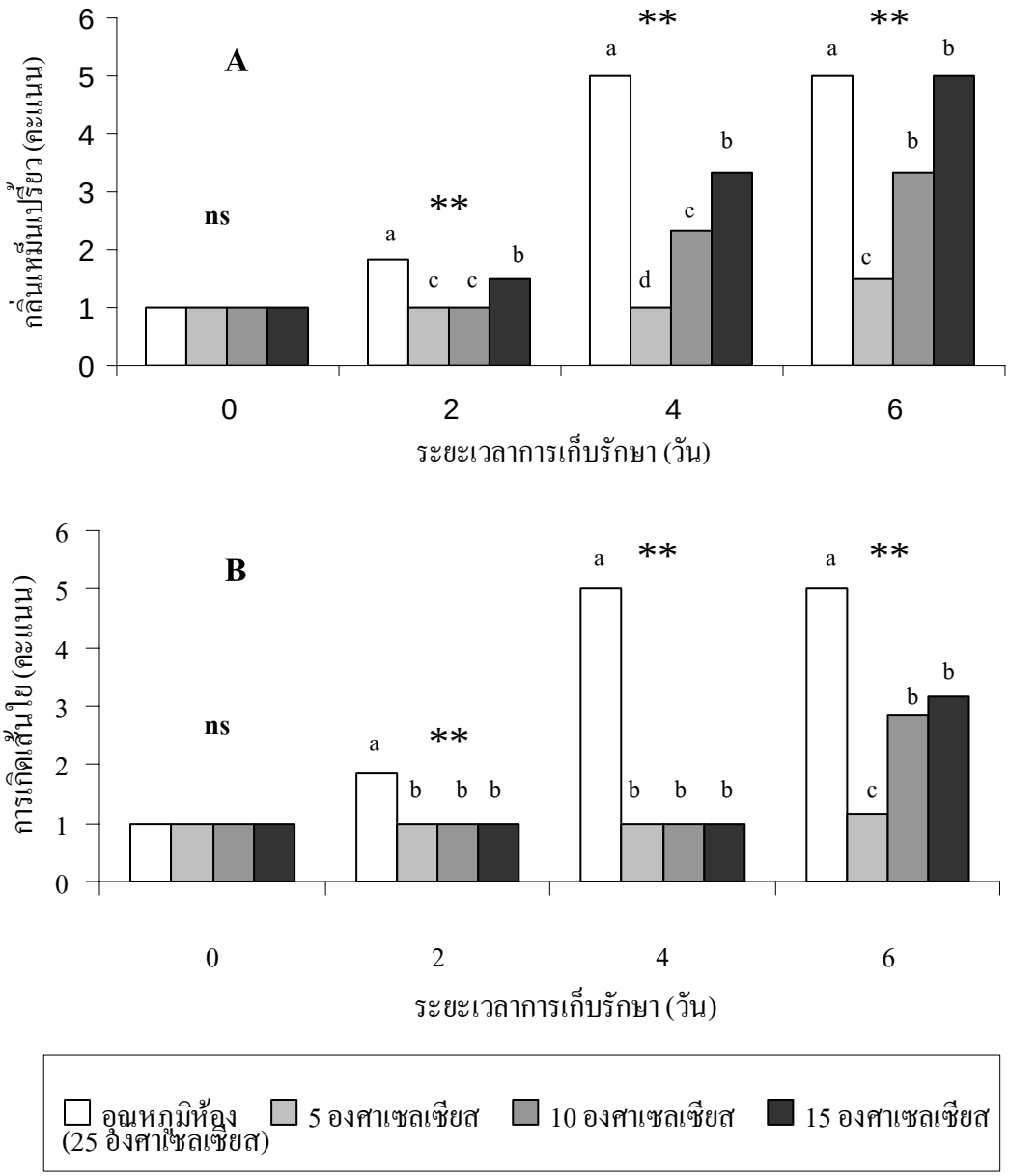
ส่วนการเกิดเส้นใยบริเวณก้านดอก เริ่มสังเกตได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน และเกิดมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 และ 6 วัน โดยดอกเห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีการเกิดเส้นใยมากที่สุด ในขณะที่ดอกเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบการเกิดเส้นใยบริเวณก้านดอกน้อยที่สุด (ภาพที่ 8B) อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาดอกเห็ดที่อุณหภูมิห้อง ดอก

เห็ดมีการหายใจสูง เกิดการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก และมีความชื้นสูง ซึ่งสภาพดังกล่าวอาจกระตุ้นให้เส้นใยเห็ดนางรมฮังการีเจริญเติบโตและฟูได้



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงสี: ค่าความสว่าง (L-value) และค่าสีเหลือง (b-value) ของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

หมายเหตุ ค่า L และ b ที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 8 คะแนนการเปลี่ยนแปลง (A) กลิ่น และ (B) การเกิดเส้นใยของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

หมายเหตุ กราฟแท่งที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2. <u>การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี</u>

2.1 ปริมาณโปรตีน

จากการทดลองพบว่า ดอกเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิต่าง ๆ มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโปรตีนมีค่าแตกต่างกัน เมื่อเก็บเห็ดดังกล่าวเป็นเวลา 4 และ 6 วัน โดยดอกเห็ดดังกล่าวซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีโปรตีนสูงสุด เท่ากับ 16.44 และ 16.51% น้ำหนักแห้งตามลำดับ (ตารางที่ 14) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในสภาพอุณหภูมิสูง ดอกเห็ดมีการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว และมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดอกเห็ดจึงมีสัดส่วนของโปรตีนมากขึ้น ส่วนดอกเห็ดดังกล่าวซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (5 10 และ 15 องศาเซลเซียส) มีปริมาณโปรตีนลดลง อาจเป็นเพราะโปรตีนบางส่วนถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์โปรตีเอส (protease) กลายเป็นกรดอะมิโน ซึ่ง Rajarathnam *et al*. (1983) รายงานว่าเห็ดนางรมมีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเพิ่มขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานของ Burton (1993) กล่าวว่าเห็ดกระดุมมีปริมาณโปรตีนลดลงในระหว่างการเก็บรักษา และ Zivanovic *et al*. (2000) รายงานว่าการเก็บรักษาเห็ดกระดุมที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน ส่งผลให้ดอกเห็ดดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนลดลง

2.2 ปริมาณคาร์โบไฮเดรท (Total Nonstructural Carbohydrate: TNC)

จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษาเห็ดนางรมฮังการีที่อุณหภูมิ 5 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มให้ดอกเห็ดดังกล่าวมีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (2 4 และ 6 วัน) โดยปริมาณ TNC มีค่าสูงสุด ช่วง 29.52-34.03 มก.D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ในขณะที่เห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณ TNC ต่ำสุด (ตารางที่ 14) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TNC อาจเป็นเพราะเห็ดใช้น้ำตาลแมนนิทอล เป็นสับสเตรทหลักในกระบวนการหายใจ (Donker and Braaksma, 1997) ทำให้ได้น้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ ส่งผลให้ดอกเห็ดมีปริมาณน้ำตาล TNC เพิ่มขึ้น ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Zivanovic *et al*. (2000) กล่าวว่าเห็ดกระดุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทลดลง แต่ในการทดลองนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจช่วยลดการหายใจของดอกเห็ดได้มาก ปริมาณคาร์โบไฮเดรทจึงเปลี่ยนแปลงน้อย

2.3 ปริมาณน้ำตาลรวม (Total sugars)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำตาลรวมของเห็ดนางรมฮังการีเปลี่ยนแปลงน้อยไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ และอุณหภูมิห้อง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน ยกเว้นวันที่ 4 หลังการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าเห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณน้ำตาลรวมน้อยที่สุด (0.47 มก.D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง) (ตารางที่ 14) อาจเป็นเพราะในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงเห็ดใช้น้ำตาลแมนนิทอล (Donker and Braaksma, 1997) ทำให้น้ำตาลดังกล่าวถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (กลูโคส) และแอลกอฮอล์ และถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจมากขึ้น จึงส่งผลให้ดอกเห็ดมีปริมาณน้ำตาลรวมลดลง (Beecher *et al*., 2001) สอดคล้องกับรายงานของ De La Plaza *et al*. (1995) กล่าวว่าเห็ดกระดุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน มีน้ำตาลแมนนิทอลลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะดอกเห็ดมีการหายใจลดลงในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงมีการย่อยสลายน้ำตาลแมนนิทอลได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเพิ่มขึ้น แต่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจน้อย ดอกเห็ดจึงมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 14 ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรทที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) น้ำตาลรวมของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาอุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

อุณหภูมิ	โปรตีน (% น้ำหนักแห้ง)				คาร์โบไฮเดรท (TNC) (มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง)				น้ำตาลรวม (มก. D-glucose /ก.น้ำหนักแห้ง)			
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)	9.61	10.99	16.44 a[1/]	16.51 a	24.31	22.89 c	29.84 ab	33.48 a	0.70	0.42	0.47 b	0.98
5 องศาเซลเซียส	6.05	9.54	9.34 b	6.96 b	23.60	28.03 b	32.53 a	34.03 a	0.45	0.53	0.93 a	0.78
10 องศาเซลเซียส	8.77	8.74	9.77 b	6.89 b	22.73	27.07 b	28.02 b	29.52 a	0.42	0.53	0.84 a	1.01
15 องศาเซลเซียส	6.54	10.35	9.15 b	6.86 b	24.31	35.06 a	32.76 a	22.18 b	0.64	0.73	1.01 a	0.64
% C.V.	25.82	28.05	26.61	30.97	14.58	7.70	6.03	8.18	37.14	34.65	20.29	28.76
F-test	ns	ns	*	**	ns	**	*	**	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ99%

2.4 ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber)

เห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีปริมาณเยื่อใยอยู่ระหว่าง 9.47-19.87% ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่า เห็ดดังกล่าวซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 15) อาจเป็นเพราะดอกเห็ดบาน 70-80% ยังคงมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการ อาจมีการสร้างเยื่อใยเพิ่มขึ้น อีกทั้ง Zivanovic *et al*. (2000) รายงานว่าเห็ดมีปริมาณไคตินเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งไคตินเป็นส่วนประกอบสำคัญของเส้นใยเห็ด อาจมีส่วนทำให้เห็ดมีเยื่อใยสูงขึ้น

ตารางที่ 15 ปริมาณเยื่อใย (% นน.แห้ง) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน

อุณหภูมิเก็บรักษา	ปริมาณเยื่อใย (% นน.แห้ง) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
	0	2	4
อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)	10.36	10.25	12.91
5 องศาเซลเซียส	9.99	12.49	13.35
10 องศาเซลเซียส	9.47	12.06	13.61
15 องศาเซลเซียส	14.14	17.31	19.87
% C.V.	32.24	20.86	20.94
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.4 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics)

จากการทดลองพบว่า เห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกัน โดยดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุด เท่ากับ 1.492 มก./ก.น้ำหนักสด ในขณะที่เห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 15 และอุณหภูมิห้อง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.705-1.823 มก./ก.น้ำหนักสด (ตารางที่ 16) นอกจากนี้ยังพบว่าระหว่างเก็บรักษา เห็ดนางรมฮังการีมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อาจเป็นเพราะดอกเห็ดเกิดอาการสีน้ำตาลน้อย ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเอนไซม์ PPO กับฟีนอลิก ในทางกลับกัน Murr and Morris (1975) ได้รายงานว่าเห็ดกระดุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ดอกเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณฟีนอลิกลดลงอย่างช้า ๆ

ตารางที่ 16 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน

อุณหภูมิเก็บรักษา	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มก./ก.น้ำหนักสด) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)	1.541	1.800	1.776 a[1/]	1.612
5 องศาเซลเซียส	1.418	1.690	1.492 b	1.721
10 องศาเซลเซียส	1.425	1.727	1.705 a	1.662
15 องศาเซลเซียส	1.643	1.763	1.823 a	1.558
% C.V.	10.75	3.70	5.35	10.37
F-test	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

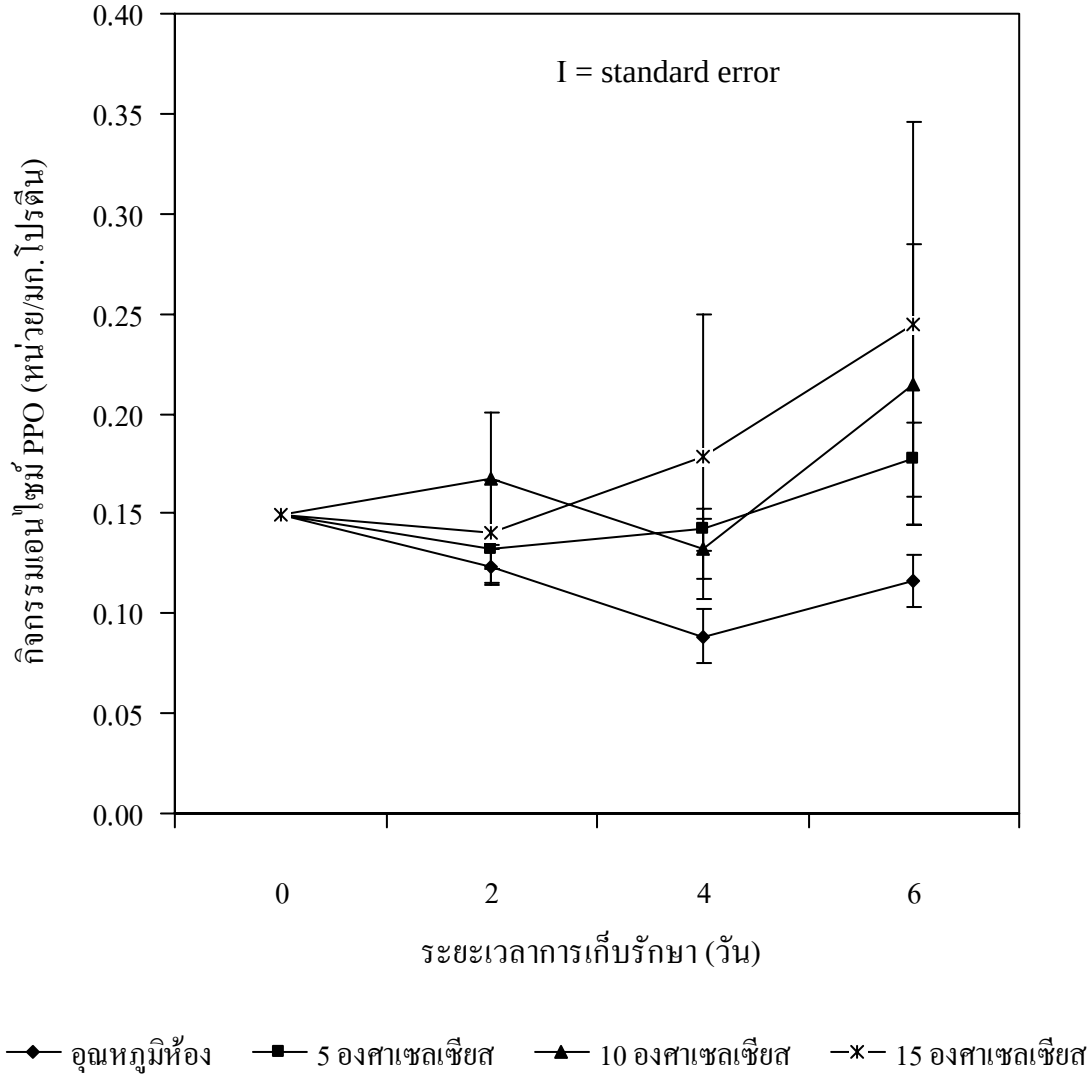
* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.5 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase activity)

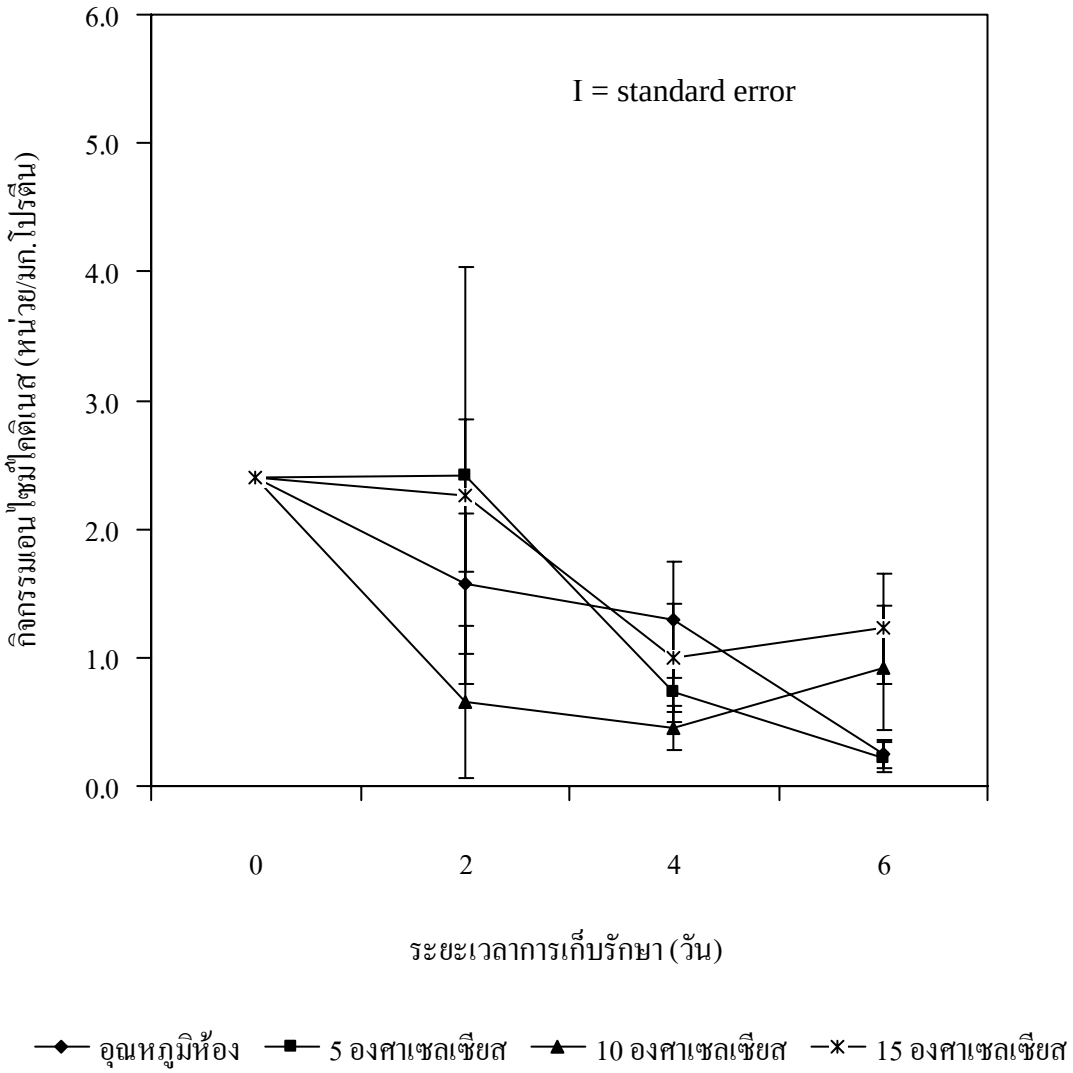
จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าดอกเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น ขณะที่ดอกเห็ดดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ลดลง (ภาพที่ 9) ซึ่งไม่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนสีของดอกเห็ด กล่าวคือดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากที่สุด (ภาพที่ 7) ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางรมฮังการีที่อุณหภูมิห้อง อาจมีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย ทำให้ดอกเห็ดอยู่ในสภาพออกซิเจนต่ำ จึงส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO เกิดขึ้นได้น้อยลง

2.6 กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส (Chitinase activity)

จากการทดลองพบว่า ดอกเห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 และ 4 วัน ดอกเห็ดมีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสลดลง ยกเว้นดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวค่อนข้างคงที่ในวันที่ 2 และลดลงต่อเนื่องจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น ขณะที่ดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวลดลง (ภาพที่ 10) จากการทดลองนี้เอนไซม์ดังกล่าวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของดอกเห็ดไม่มากนัก และไม่สอดคล้องกับการอ่อนนุ่มของเห็ด ถึงแม้ว่าเอนไซม์ดังกล่าวเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายไคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเห็ดมีผลทำให้ดอกเห็ดอ่อนนุ่ม แต่ทางตรงกันข้าม Hammond (1979) รายงานว่าระหว่างเก็บรักษาเนื้อเยื่อเห็ดมีความเหนียวมากขึ้น เพราะมีการสะสมไคตินบริเวณผนังเซลล์เพิ่มขึ้น อีกทั้ง Souza *et al*. (2003) รายงานว่าเอนไซม์ endochitinase ของเชื้อรา (*Colletotrichum gloeosporioides*) ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพบว่าดอกเห็ดมีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวลดลง เนื่องจากดอกเห็ดถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิดังกล่าว



ภาพที่ 9 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 10 กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) ของเห็ดนางรมฮังการี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 15 และอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

<u>การทดลองที่ 2.3</u> ผลของภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดนางรมฮังการี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเห็ดนางรมฮังการีระยะดอกบาน 70-80% ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยห้องเย็น (5 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน ปรากฏผลดังนี้

1. <u>การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ</u>

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา เก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 5.79% 3.73% และ 3.73% ตามลำดับ และดอกเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.64% 1.25% และ 2.03% ตามลำดับ (ตารางที่ 17) อาจเป็นเพราะกล่องพลาสติกมีช่องว่างระหว่างฝาและตัวกล่องซึ่งปิดไม่สนิท ทำให้สูญเสียน้ำได้ง่ายกว่าดอกเห็ดที่บรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม และถุงพลาสติกรัดปากถุง

ตารางที่ 17 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน

ภาชนะบรรจุ	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
	2	4	6
ถาดโฟม	0.64 b[1/]	1.25 b	2.03 b
กล่องพลาสติก	5.79 a	3.13 a	3.73 a
ถุงพลาสติก	2.50 ab	1.96 ab	2.61 b
% C.V.	67.15	35.16	17.81
F-test	*	*	*

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)
* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 ความแน่นเนื้อ

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา เก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน มีความแน่นเนื้อบริเวณกลางหมวก และขอบหมวก (1.43 และ 0.95 นิวตัน ตามลำดับ) ต่ำกว่าเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม (2.38 และ 1.61 นิวตัน ตามลำดับ) และถุงพลาสติกรัดปากถุง (2.01 และ 1.34 นิวตัน ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักของดอกเห็ด กล่าวคือ ดอกเห็ดบรรจุในกล่องพลาสติกปิดฝาสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดส่งผลให้ดอกเหี่ยวและมีความแน่นเนื้อต่ำ และดอกเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มมีความแน่นเนื้อบริเวณขอบหมวกสูงสุด เท่ากับ 1.50 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 18) อาจเป็นเพราะดอกเห็ดที่บรรจุในภาชนะดังกล่าวมีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าดอกเห็ดที่บรรจุในกล่องพลาสติก จึงมีความแน่นเนื้อสูง

ส่วนความแน่นเนื้อบริเวณก้านดอกพบว่า แตกต่างกันเฉพาะบริเวณกลางก้าน กล่าวคือ เห็ดนางรมฮังการีบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม และกล่องพลาสติกปิดฝามีความแน่นเนื้อบริเวณกลางก้านสูงสุด เท่ากับ 5.76 และ 5.21 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

(ตารางที่ 19) อาจเป็นเพราะภายในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดดังกล่าว (ถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม และกล่องพลาสติกปิดฝา) มีความชื้น และปริมาณ O_2 และ CO_2 ที่สมดุลมากกว่าภาชนะบรรจุอื่น ๆ ดอกเห็ดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ศุภนิตย์ (2545) กล่าวว่าการบรรจุเห็ดเป๋าฮื้อในถาดพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม (PVC) สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6-7 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน โดยก้านดอกเห็ดนิ่มลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 18 ความแน่นเนื้อของหมวกดอกเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

ภาชนะบรรจุ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) หลังการเก็บรักษา (วัน)							
	กลางหมวก				ขอบหมวก			
	0	2	4	6	0	2	4	6
ถาดโฟม	3.20	2.38 a[1/]	2.29	1.81	1.83	1.61 a	1.50 a	1.35
กล่องพลาสติก	2.61	1.43 b	1.79	1.72	1.70	0.95 b	1.14 b	1.27
ถุงพลาสติก	2.74	2.01 ab	1.88	1.52	1.89	1.34 a	1.18 b	1.15
% C.V.	12.33	16.49	22.15	13.39	15.33	11.52	10.67	23.06
F-test	ns	*	ns	ns	ns	**	*	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99%

ตารางที่ 19 ความแน่นเนื้อของก้านดอกเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

ภาชนะบรรจุ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)							
	ปลายครีบ				กลางก้าน			
	0	2	4	6	0	2	4	6
ถาดโฟม	4.51	3.91	3.67	3.74	6.34	5.92	5.14	5.76 a[1/]
กล่องพลาสติก	4.38	3.70	3.88	3.74	5.75	5.05	5.00	5.21 a
ถุงพลาสติก	3.92	3.41	3.61	3.31	5.03	4.80	4.93	4.31 b
% C.V.	8.92	7.88	16.86	7.32	12.38	11.78	9.78	8.09
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

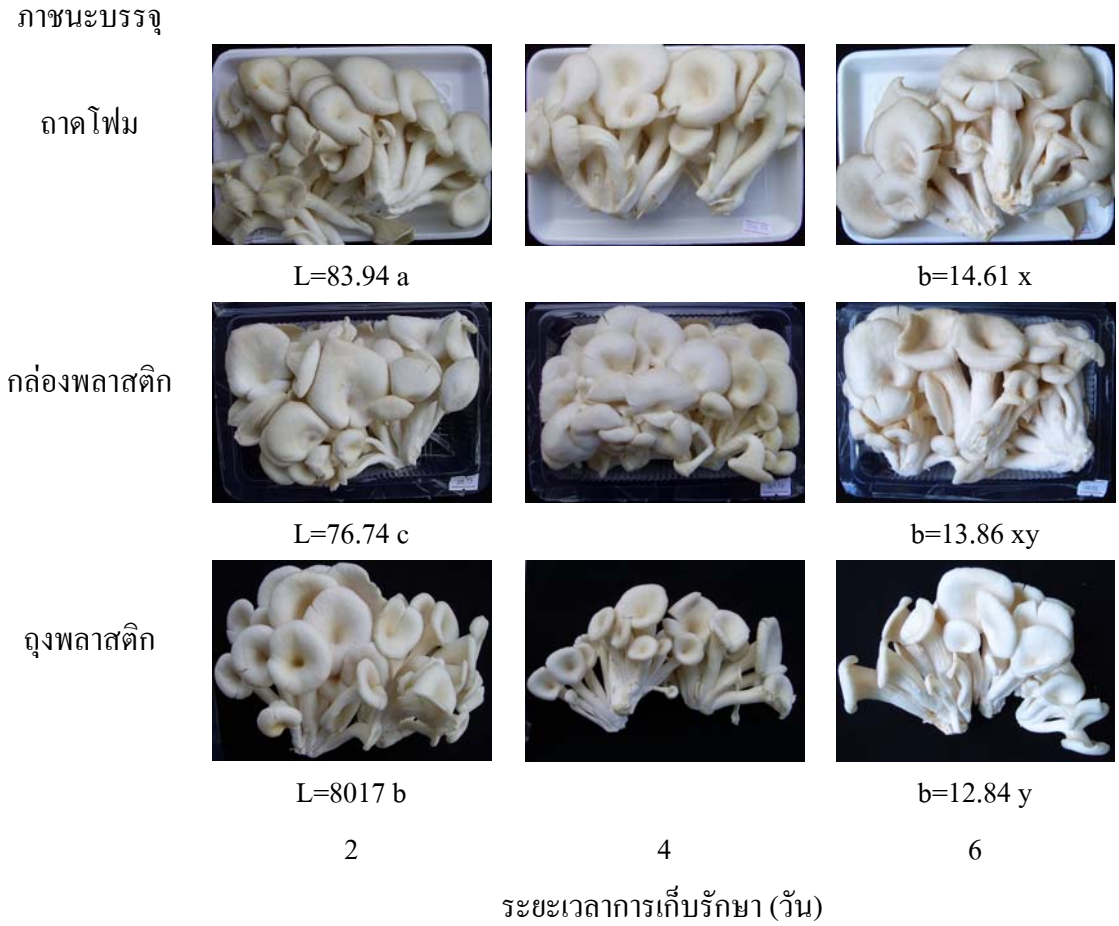
1.3 การเปลี่ยนแปลงสี

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีก่อนเก็บรักษามีสีเทาอ่อน โดยมีค่าความสว่าง (L) ช่วง 70.96-74.48 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน พบว่าการบรรจุเห็ดดังกล่าวในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม ส่งผลให้ดอกเห็ดมีสีจางลง ส่วนการบรรจุเห็ดในกล่องพลาสติกปิดฝา สีของดอกเห็ดเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ซึ่งมีค่า L เท่ากับ 76.74 ส่วนค่าสีเหลือง (b) นั้น พบความแตกต่างในวันที่ 6 หลังการเก็บรักษา โดยเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มมีค่า b สูง เท่ากับ 14.61 ไม่แตกต่างจากค่า b ของดอกเห็ดที่บรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา ซึ่งมีค่า b เท่ากับ 13.86 ในขณะที่เห็ดบรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุงมีค่าดังกล่าวต่ำสุด เท่ากับ 12.84 (ภาพที่ 11) อาจเป็นเพราะสภาพบรรยากาศในถุงพลาสติกมีปริมาณ O_2 ต่ำสุดประมาณ 2% และลดลงเล็กน้อยระหว่างเก็บรักษา (ภาพที่ 13) ซึ่งในสภาพดังกล่าวสามารถลดการเกิดอาการสีน้ำตาลได้ (จริงแท้, 2544)

1.4 การเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และเส้นใยบริเวณก้านดอกเห็ด (คะแนน)

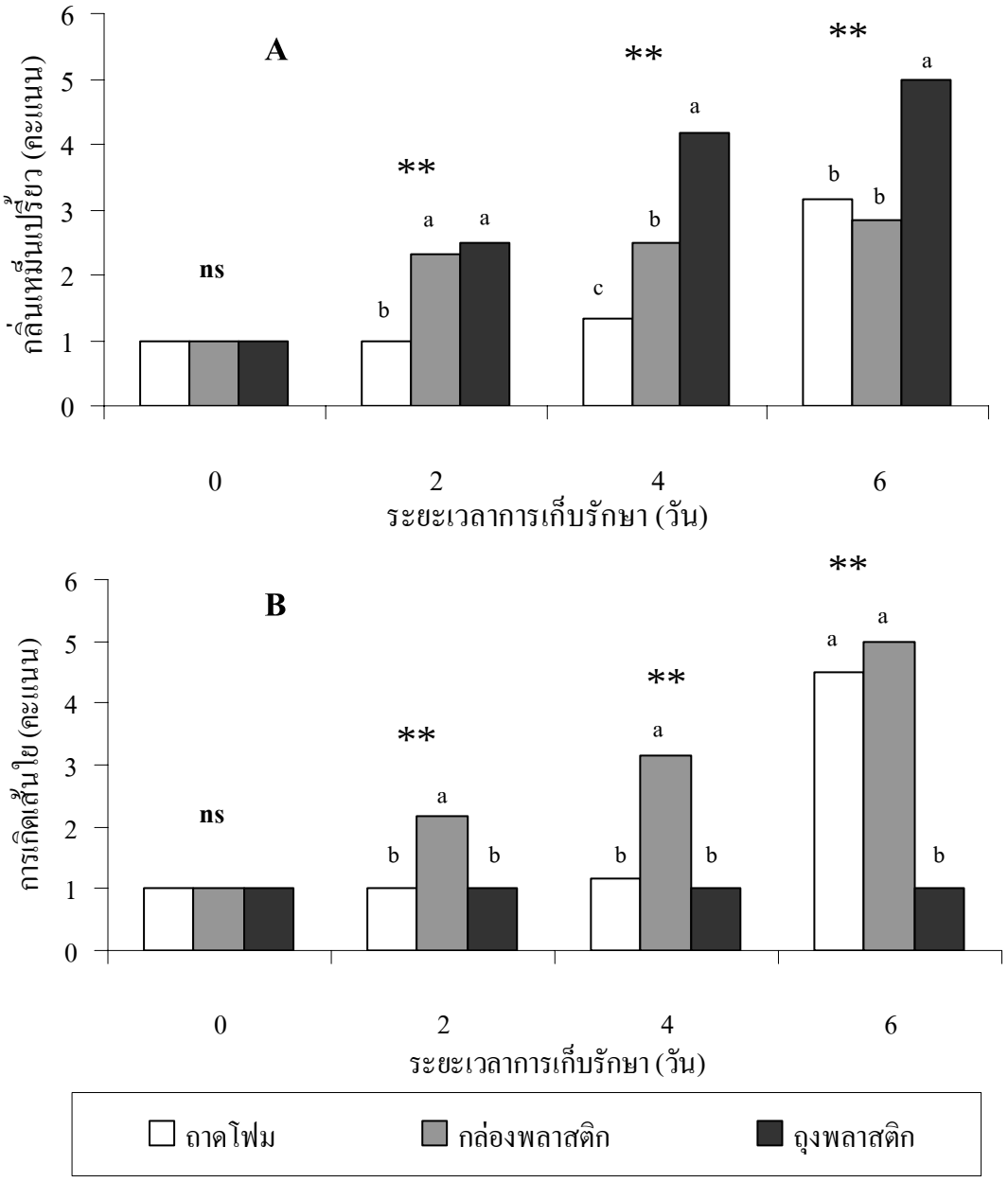
จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุงมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวมากที่สุด ส่วนเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม และกล่องพลาสติกปิดฝามีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวเพียงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน (ภาพที่ 12A) อาจเป็นเพราะถุงพลาสติกรัดปากถุงมีการถ่ายเทอากาศน้อยที่สุด และมี O_2 ประมาณ 2% ตลอดการเก็บรักษา อาจส่งผลให้เกิดการหมัก และการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 จึงเกิดกลิ่นผิดปกติมาก

ส่วนการเกิดเส้นใยบริเวณก้านดอก พบว่าเห็ดนางรมฮังการีบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝามีการฟูของเส้นใยมากที่สุด โดยเริ่มสังเกตเห็นได้ตั้งแต่วันที่ 2 หลังเก็บรักษา ส่วนเห็ดบรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุงไม่พบการเกิดเส้นใยบริเวณก้านดอก (ภาพที่ 12B) อาจเป็นเพราะระหว่างเก็บรักษา ภายในกล่องพลาสติกมี O_2 สูงประมาณ 20-21% และมี CO_2 ต่ำ อีกทั้งมีความชื้นสูง จึงเหมาะแก่การเจริญของเส้นใยเห็ด ขณะที่ถุงพลาสติกรัดปากถุง มี O_2 ต่ำ ประมาณ 2% และมีคาร์บอนไดออกไซด์สูง ประมาณ 16-18% ตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 13) ซึ่งสภาพดังกล่าวอาจยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดได้



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสี: ค่าความสว่าง (L-value) และค่าสีเหลือง (b-value) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

หมายเหตุ ค่า L และ b ที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 12 คะแนนการเปลี่ยนแปลง (A) กลิ่น และ (B) การเกิดเส้นใยของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

หมายเหตุ แท่งกราฟที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

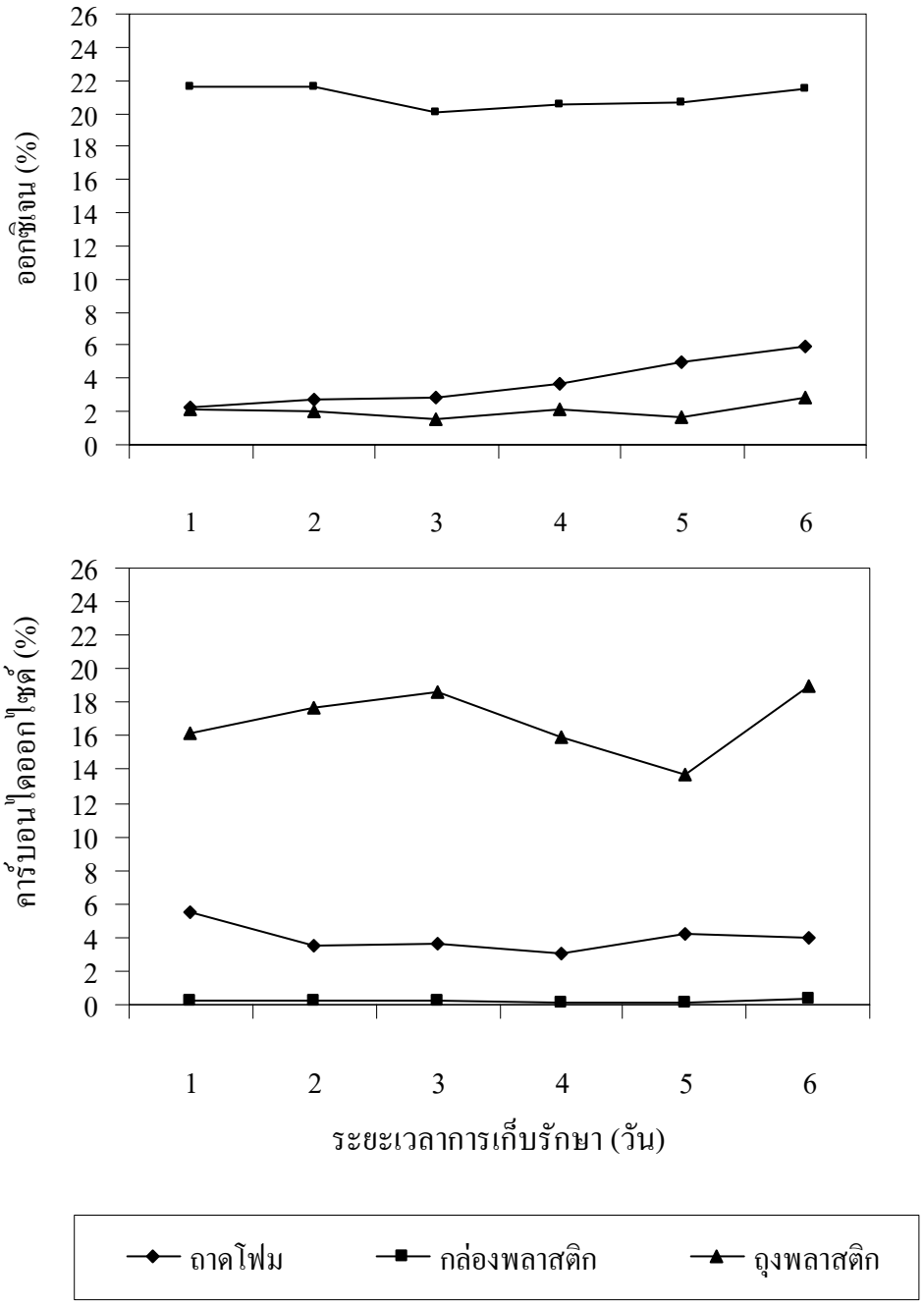
ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2. <u>สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ (O_2 และCO_2)</u>

ปริมาณ O_2 ภายในกล่องพลาสติกมีค่าสูงประมาณ 20-21% ตลอดการเก็บรักษา (6 วัน) เพราะภาชนะดังกล่าวมีอากาศผ่านเข้าออกทางรอยต่อระหว่างฝากับตัวกล่อง ส่วนถาดโฟมหุ้มพลาสติกฟิล์ม มีปริมาณ O_2 ประมาณ 2-5% ในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากพลาสติกฟิล์มมีการถ่ายเทอากาศได้เล็กน้อย ส่วนถุงพลาสติกรัดปากถุงมี O_2 ประมาณ 2% และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 13) เพราะภาชนะดังกล่าวมีช่องทางให้อากาศผ่านเข้าออกน้อยที่สุด

ส่วนปริมาณ CO_2 ภายในกล่องพลาสติกปิดฝา มี CO_2 ต่ำสุด เพราะก๊าซสามารถระบายถ่ายเทสู่สภาพบรรยากาศภายนอกภาชนะได้ ขณะที่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม มี CO_2 ประมาณ 3-5% ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าวันแรกของการเก็บรักษา ถุงพลาสติกรัดปากถุง มีปริมาณ CO_2 สูงสุด คือ 16% เพิ่มขึ้นเป็น 18% ในวันที่ 3 ลดลงในวันที่ 4 และ 5 และสูงขึ้นอีกครั้งในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 13) อาจเป็นเพราะ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจของเห็ดไม่สามารถระบายออกจากภาชนะบรรจุดังกล่าวได้



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศ (O_2 และCO_2) ภายในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง ที่บรรจุเห็ดนางรมฮังการีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

3. <u>การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี</u>

2.1 ปริมาณโปรตีน

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด มีโปรตีนเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 6 วัน และปริมาณโปรตีนมีค่าแตกต่างกันเฉพาะวันที่ 4 โดยดอกเห็ดดังกล่าวที่บรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงมีโปรตีนสูงสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 23.74 และ 22.76% น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ขณะที่ดอกเห็ดบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มมีโปรตีนต่ำสุด เท่ากับ 17.41% น้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 20) ทั้งนี้โปรตีนที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นโปรตีนที่เป็นเอนไซม์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของดอกเห็ดในระหว่างเก็บรักษา ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในดอกเห็ด อาจส่งผลให้ปริมาณโปรตีนภายในดอกเห็ดมีการเปลี่ยนแปลงได้

2.2 ปริมาณคาร์โบไฮเดรท (Total Nonstructural Carbohydrate: TNC)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณ TNC ของดอกเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุภาชนะบรรจุต่าง ๆ มีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน โดยดอกเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม มีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 28.15 มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน และลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ขณะที่ดอกเห็ดบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา มีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 26.62 มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง ในวันที่ 2 และลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ส่วนดอกเห็ดบรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุงมีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 23.95 มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน (ตารางที่ 20) อาจเป็นเพราะกล่องพลาสติกมี O_2 สูงกว่าภาชนะชนิดอื่น (ภาพที่ 13) ส่งผลให้เห็ดมีการหายใจสูง (Sexena and Rai, 1988) และน้ำตาลแมนนิทอลอาจถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและแอลกอฮอล์ ดังนั้นดอกเห็ดจึงมีปริมาณ TNC ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลมากขึ้น

2.3 ปริมาณน้ำตาลรวม (Total sugars)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำตาลรวมของเห็ดนางรมฮังการีที่บรรจุภาชนะบรรจุต่าง ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ซึ่งดอกเห็ดมีปริมาณน้ำตาลรวมอยู่ระหว่าง 0.50-0.78 มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 20) สอดคล้องกับปริมาณ TNC ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 20 ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรทที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) น้ำตาลรวมของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยาง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

ภาชนะบรรจุ	โปรตีน (% น้ำหนักแห้ง)				คาร์โบไฮเดรท (TNC) (มก. D-glucose/ก.น้ำหนักแห้ง)				น้ำตาลรวม (มก. D-glucose /ก.น้ำหนักแห้ง)			
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
ถาดโฟม	7.80	10.55	17.41 b[1/]	19.25	16.09	22.27 b	28.15 a	16.77 b	0.36	0.39	0.47	0.56
กล่องพลาสติก	8.87	13.76	23.74 a	21.20	18.68	26.62 a	22.81 ab	24.41 a	0.25	0.27	0.64	0.78
ถุงพลาสติก	10.30	15.64	22.76 a	22.21	18.38	19.22 b	17.92 b	23.95 a	0.44	0.30	0.50	0.50
% C.V.	22.32	20.38	8.72	8.53	9.89	7.53	14.46	13.26	48.35	75.78	28.48	38.45
F-test	ns	ns	*	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*, ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

2.4 ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber)

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุภาชนะต่าง ๆ และเก็บรักษานาน 2 และ 4 วัน มีปริมาณเยื่อใยลดลงประมาณ 1.1-2.6 เท่าของปริมาณเยื่อใยก่อนเก็บรักษา และไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 21) ทั้งนี้เยื่อใยเห็ดประกอบด้วย Glucan เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β(1-3), β(1-4) และ β(1-6) ซึ่งพันธะดังกล่าวอาจถูกทำลายไปด้วยเอนไซม์ β-glucosidase ในระหว่างเก็บรักษา (Manzi and Pizzoferato, 2000) ดอกเห็ดจึงมีปริมาณเยื่อใยลดลง

ตารางที่ 21 ปริมาณเยื่อใย (% นน.แห้ง) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน

ภาชนะบรรจุ	ปริมาณเยื่อใย (% นน.แห้ง) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
	0	2	4
ถาดโฟม	23.82	16.29	17.19
กล่องพลาสติก	25.92	9.96	18.09
ถุงพลาสติก	18.19	10.96	16.11
% C.V.	35.79	18.99	23.32
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.5 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดนางรมฮังการีบรรจุภาชนะบรรจุต่าง ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 และ 6 วัน ยกเว้นดอกเห็ดบรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุงที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 22) อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของดอกเห็ดเปลี่ยนแปลงน้อย อาจเป็นเพราะดอกเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เกิดอาการสีน้ำตาลน้อย และมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง (ภาพที่ 14) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจึงน้อยด้วย

ตารางที่ 22 ปริมาณฟีนอกลิกทั้งหมด (Total phenolics) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 0 2 และ 4 วัน

ภาชนะบรรจุ	ฟีนอลิกทั้งหมด (มก./ก.น้ำหนักสด) ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
ถาดโฟม	1.85	2.08	2.37	2.68 a[1/]
กล่องพลาสติก	1.90	2.11	2.48	2.42 ab
ถุงพลาสติก	2.05	2.22	2.28	1.98 b
% C.V.	6.26	7.66	8.72	9.58
F-test	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

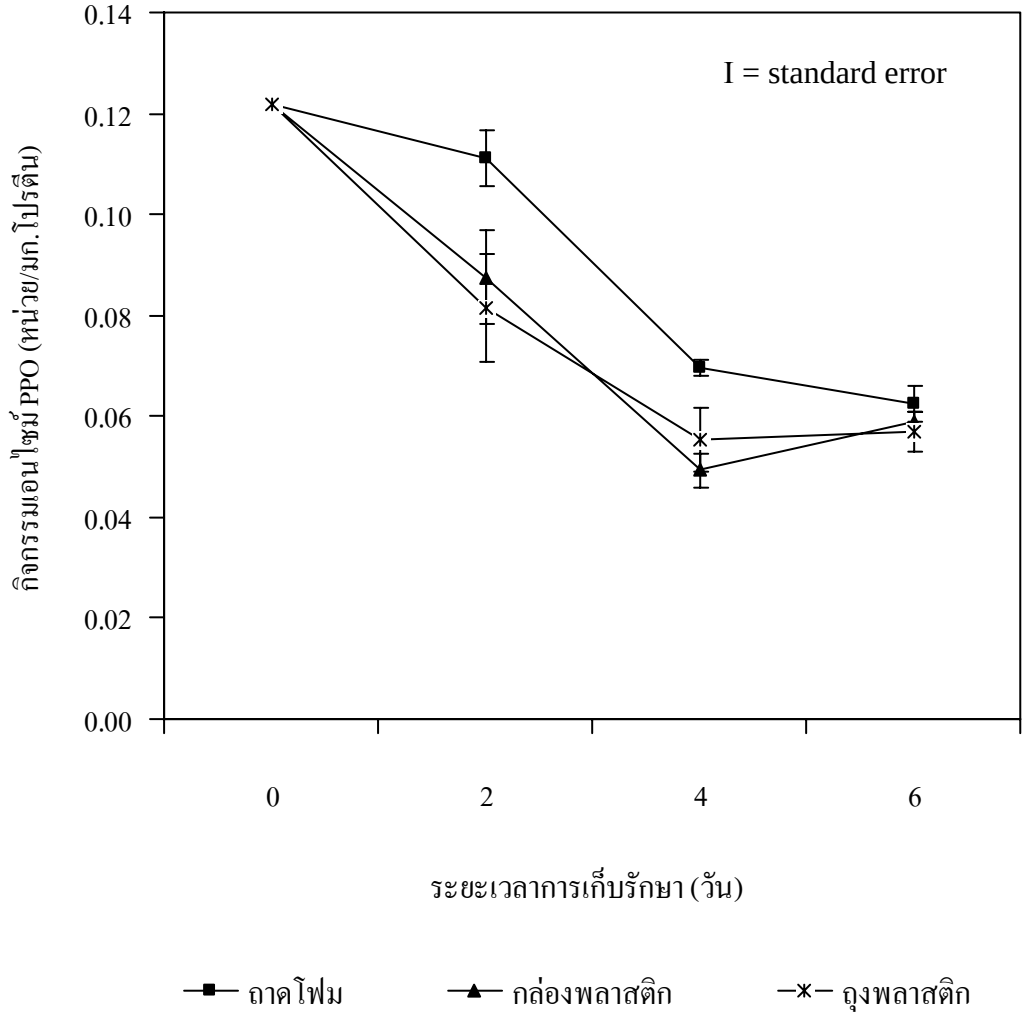
* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.6 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase activity)

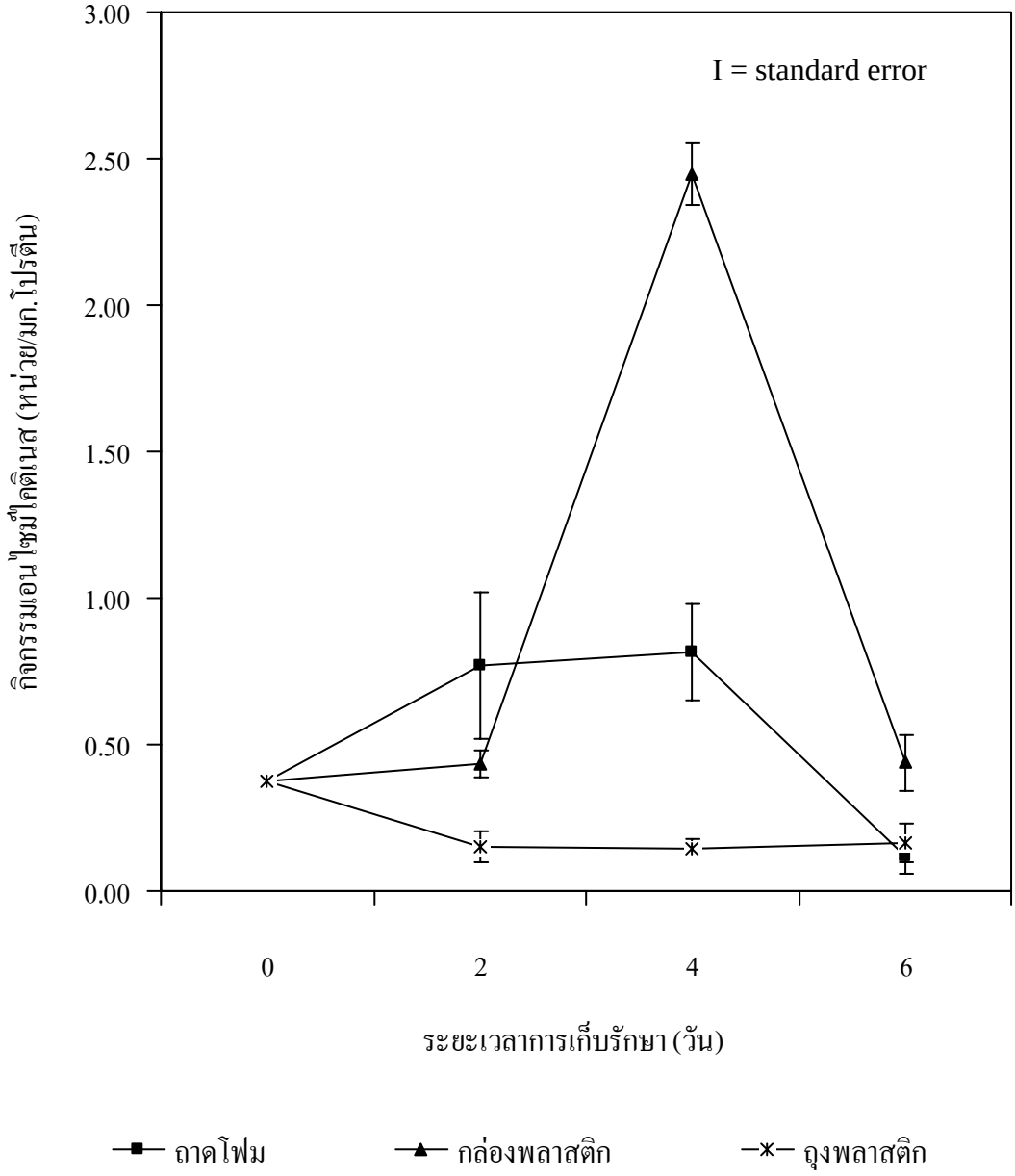
จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุในภาชนะทั้ง 3 ชนิด มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง จนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยเห็ดดังกล่าวบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเท่ากับ 0.069 หน่วย/มก.โปรตีน สูงกว่าดอกเห็ดที่บรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุง และกล่องพลาสติกปิดฝา ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าว เท่ากับ 0.055 และ 0.049 หน่วย/มก.โปรตีน ตามลำดับ (ภาพที่ 14) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา คือ 5 องศาเซลเซียส สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ แต่ไม่สอดคล้องกับผลของการเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ด กล่าวคือดอกเห็ดบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝาเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมาก ดังนั้นคาดว่าการเปลี่ยนสีของเห็ดไม่ได้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น การเจริญของจุลินทรีย์ ฯลฯ

2.7 กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส (Chitinase activity)

จากการทดลองพบว่า เห็ดนางรมฮังการีบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม มีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 4 วัน และลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ส่วนเห็ดดังกล่าวบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา มีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสค่อนข้างคงที่ในวันที่ 2 เพิ่มสูงสุด เท่ากับ 2.447 หน่วย/มก.โปรตีน ในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะบรรจุภาชนะดังกล่าวมีการถ่ายเทอากาศได้ดี ดอกเห็ดจึงมีการหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึมสูง ส่งผลให้ดอกเห็ดมีการเปลี่ยนแปลงมาก เช่น มีความแน่นเนื้อต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากไคตินถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไคติเนส ส่วนเห็ดดังกล่าวที่บรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุง มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวต่ำตลอดการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.165-0.378 หน่วย/มก.โปรตีน (ภาพที่ 15) อาจเป็นเพราะภายในภาชนะดังกล่าวมี O_2 ต่ำ และมีการสะสม CO_2 สูง ซึ่งสภาพดังกล่าว อาจช่วยลดการหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึมของเห็ด ส่งผลให้ดอกเห็ดมีการเปลี่ยนแปลงน้อย



ภาพที่ 14 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน



ภาพที่ 15 กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส (Chitinase) ของเห็ดนางรมฮังการี ซึ่งบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม กล่องพลาสติกปิดฝา และถุงพลาสติกรัดปากถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 และ 6 วัน