



เครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ
Thailand Research Organizations Network (TRON)



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดฟางด้วยแบคทีเรียสร้างสปอร์

โดย ดร.เยาวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์ และคณะ

พฤศจิกายน พ.ศ.2559

สัญญาเลขที่ RDG5850074

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดฟางด้วยแบคทีเรียสร้างสปอร์

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. นางเยาวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์	ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
2. นางสาวรงค์ สุธิราวุธ	ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
3. นางอภิตา บุญศิริ	ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะ เกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา เขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
4. นายอภิรักษ์ต์ สมฤทธิ	กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรม วิชาการเกษตร
5. นายกรกช จันทร	หน่วยงาน สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มวิจัย และพัฒนาเห็ด กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร

ชุดโครงการ การวิจัยด้านวิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs)

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทคัดย่อ	1
ความสำคัญและที่มา	3
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	6
วิธีการศึกษา	12
ผลการวิจัย	18
สรุปผลการดำเนินการ	116
เอกสารอ้างอิง	117
ภาคผนวก	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงการตรวจนับจำนวนของเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง	18
2 แสดงการตรวจนับจำนวนของเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ในผงแห้ง 1 กรัม	25
3 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ณ จุดต่างๆในโรงเพาะเห็ดระบบปิด	48
4 สรุปเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดฟางที่ได้รับระหว่างแปลงที่ฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 และที่ไม่ฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรีย ในการทดลองเพาะ ทั้ง 14 ครั้ง	50
5 ตารางโภชนาการเปรียบเทียบระหว่าง ตัวอย่างเห็ดฟาง Control และ Treatment จากโรงเพาะเห็ดระบบปิด และโรงเพาะเห็ดของเกษตรกรที่ จ.พระนครศรีอยุธยา	104
6 ราคาวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดฟาง	105
7 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 1	105
8 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 2	106
9 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 3	106
10 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 4	107
11 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 5	107
12 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 6	108
13 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 7	108
14 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 8	109
15 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 9	109
16 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 10	110
17 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 11	110
18 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 12	111
19 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 13	111
20 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 14	112
21 แสดงการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของพื้นที่การเพาะเห็ด 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่างผลผลิตที่ได้จากการฉีดพ่นแบคทีเรียในระหว่างการเพาะกับที่ไม่มีการฉีดพ่นแบคทีเรีย	112
22 แสดงการวิเคราะห์รายได้จากการผลิตเห็ดของพื้นที่การเพาะเห็ด 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่างผลผลิตที่ได้จากการฉีดพ่นแบคทีเรียในระหว่างการเพาะกับที่ไม่มีการฉีดพ่นแบคทีเรีย	114
23 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	124

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะของชั้นเพาะเห็ด	19
2 เครื่อง evaporator	20
3 เครื่องพ่นหมอก	20
4 พัดลมดูดอากาศ	21
5 หม้อน้ำไอน้ำ	22
6 ลักษณะของโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร	23
7 ลักษณะของโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร	23
8 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 1	26
9 ลักษณะของราปนเปื้อน ซึ่งมีสาเหตุจากแมลงวันในโรงเพาะเห็ด	27
10 ตำแหน่งของเครื่องพ่นหมอกภายในโรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด ที่ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	28
11 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 2	29
12 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 3	31
13 เปรียบเทียบลักษณะดอกเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยา	32
14 เส้นใยเห็ดสายพันธุ์อุบลหลังจากใส่หัวเชื้อเป็นเวลา 5 วัน	33
15 เชื้อราปนเปื้อนบนชั้นเพาะเห็ดฟาง วันที่สองหลังจากเก็บดอกเห็ดฟางชุดแรก	33
16 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ด ของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 4	34
17 ลักษณะเห็ดน้ำหมึก (<i>Corprinus</i> sp.) บนชั้นเพาะเห็ด ที่โรงเพาะเห็ดเกษตรกร จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 4	35
18 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ด ของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 5	36
19 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ด ของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 6	37
20 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 7	38
21 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ด ของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 8	39
22 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ด ของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 9	41
23 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 10	42
24 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ด ของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 11	44

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
25 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 12	45
26 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในการทดลองครั้งที่ 13	46
27 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในการทดลองครั้งที่ 14	49
28 ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) เมื่อเพาะในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	53
29 ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่ผสม (Control) และผสมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	53
30 ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมนจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา	54
31 ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	55
32 ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (C)	56
33 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	57
34 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	58

35	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	59
----	--	----

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
36	การร่วงไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลางดอก (B) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน
37	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน
38	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน
39	ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเพาะเห็ดระบบปิดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน
40	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน
41	ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

42	ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	65
43	ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น (B) เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	67
44	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	68

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
45	ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในระดับการค้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	69
46	การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	70
47	การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	71

48	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	72
49	การร่วงไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลางของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจาก วัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	73
50	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	74
51	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะ ที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	75

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
52	ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	76
53	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อ แบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	77
54	ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	78

55	ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	78
56	ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น (B) เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	79
57	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	80
58	ความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	81
59	การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิด ผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	82

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
60	การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	84

61	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	85
62	การร่วงไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลางของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจาก วัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	86
63	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	87
64	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	88
65	ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	89
66	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	90
67	ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	91

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่

หน้า

68	ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ที่อุณหภูมิตั้งที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	91
69	ลักษณะคุณภาพปรากฏประจักษ์จากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น(B) เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	92
70	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	93
71	ความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	94
72	การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	96
73	การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	97
74	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	98

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
75	การร่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลาง (B) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยว จากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนของเกษตรกรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 6 วัน	99
76	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	100
77	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 6 วัน	101
78	ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร รักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	102
79	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน	103

Executive Summary:

การทดลองนี้ สามารถแยกได้แบคทีเรียสร้างสปอร์สายพันธุ์ BC05 ที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดเชื้อราแข่งขันในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง ซึ่งจะส่งผลให้มีเชื้อราแข่งขันในโรงเรือนเพาะเห็ดน้อยลง และเกษตรกรจะได้ผลผลิตเห็ดฟางมากขึ้น เป็นการช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร และ ได้นำแบคทีเรียที่ได้นี้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้ง และแจกจ่ายให้เกษตรกร ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้สามารถนำไปใช้ได้ง่ายและสะดวก เกษตรกรสามารถทำได้เอง โดยใส่ในนมถั่วเหลือง และบ่มไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ ละลายน้ำฉีดพ่นบนวัสดุเพาะเห็ดฟาง ก่อนการลงเชื้อเห็ด และพบว่าผลผลิตเห็ดที่ได้จากการฉีดพ่นแบคทีเรียนี้ มีคุณภาพของดอกเห็ดดีขึ้นกว่าที่ไม่มีการฉีดพ่นแบคทีเรีย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง จากการตรวจสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟาง พบว่าคุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดในอาหารเหลว NB และชนิดผงทั้งในโรงเรือนระบบปิดและโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรไม่แตกต่างกัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีสภาพดีทั้งหมด โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน จากผลการวัดคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ตัวอย่างเห็ดฟางที่ได้จากวัสดุเพาะที่มีการเติมและไม่เติมแบคทีเรีย ทั้งจากโรงเพาะเห็ดระบบปิดและโรงเพาะเห็ดฟางของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตัวอย่างเห็ดฟางที่ได้จากที่มีการเติมพ่นแบคทีเรีย มีแนวโน้มที่จะมี ปริมาณ Protein และ Phosphorus ที่มากกว่าเห็ดฟางที่มาจากชั้นเพาะที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียเล็กน้อย และจากการทดลองแจกจ่ายผงแบคทีเรียให้เกษตรกรที่สนใจนำไปทดลองใช้ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความพอใจ เนื่องจากผลผลิตเห็ดที่ได้มีเนื้อดีและผิวสวย และเชื้อราแข่งขันลดน้อยลง

บทคัดย่อภาษาไทย :

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบและยืนยันผลความสามารถของแบคทีเรียที่ให้ผลการทดสอบดีในการทดลองก่อนหน้านี้ เช่น BC05 ต่อการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาในโรงเรือนระบบปิด ที่สามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อม เช่น ความชื้น และอุณหภูมิได้ โดยได้ทดลองฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ลงบนวัสดุเพาะเห็ดฟางเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิดและโรงเรือนของเกษตรกร โดยใช้สารละลายเชื้อแบคทีเรียที่มีปริมาณเซลล์ประมาณ $10^7 - 10^8$ cfu/ml ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ต่อพื้นที่เพาะเห็ด 1 ตารางเมตร โดยมีกรรมวิธีควบคุมคือไม่ได้ใส่อะไรเลย โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) พบว่าการใส่เชื้อแบคทีเรียให้ผลผลิตของเห็ดฟางไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากกรรมวิธีควบคุม แต่สังเกตพบว่าการปนเปื้อนของราแข่งขันภายในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการของสุนีย์ (2557) ที่รายงานว่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 สามารถยับยั้งการเจริญของราเขียวและราเส้นใยอีกหลายชนิดเมื่อทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ และจากการตรวจสอบคุณภาพและการเก็บรักษาของผลผลิตเห็ดที่ได้ จากการเก็บรักษาเห็ดฟาง 200-220 กรัม ที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติม (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) บรรจุถาดโฟมแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าคุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) ทั้งในโรงเรือนระบบปิดและโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร

ไม่แตกต่างกัน โดยที่ลักษณะคุณภาพปรากฏในด้านคุณลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และสีในระดับ 8-9 คะแนน โดยไม่พบการเจริญเติบโตของเส้นใย ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเห็ดฟางมีแนวโน้มมีคุณภาพปรากฏ ค่าความสว่าง (L^*) ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างช้าๆ และพบการสูญเสียน้ำหนัก ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ ค่าสีแดง ($+a^*$) ค่าสีเหลือง ($+b^*$) ค่าความเข้มของสี (C) และค่ามุมของสี (ohue) ค่าการรั่วไหลของประจุ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากการทดลองแจกจ่ายผงบดที่เรียให้เกษตรกรที่สนใจนำไปทดลองใช้ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความพอใจเนื่องจาก ผลผลิตเห็ดที่ได้มีเนื้อดีและผิวสวย และพบเชื้อราแข่งขันบริเวณโรงเพาะเห็ดน้อยลง

Abstract :

This experiment was done to test and confirm the previous study in which BC05 strain was the best strain to enhanced the straw mushroom yield. In this study, the endospore-forming bacteria, BC05, was sprayed on the mushroom substrate to tested their ability to increase the mushroom yield compared between the close system and the mushroom farm. Two-thousand and fifty milliliters of bacterial suspension (about $10^7 - 10^8$ cfu/ml) was sprayed on 1 m^2 of mushroom cultivated areas. No bacteria treated was used for the control. Moreover, the RCBD experiment was planned and conducted to calculate the statistic value. The results showed no significant difference ($p>0.05$) of the straw mushroom yields between bacterial spraying treatments and control. Interestingly, we found that the competitive fungi in mushroom farm were decrease, correspond to the previous study which reported that the endospore-forming bacteria BC05 could inhibited the growth of green mold and many filamentous fungi in laboratory test. For the post harvest study, 200-220 grams/tray of straw mushroom harvested from substrate with or without bacteria directly (NB) or bacterial powder, packed in foam tray and wrapped with 16-needle-hole polyvinylchloride and 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 bacteria in close system and in mushroom farm was not 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, CO_2 concentration inside package, $+a^*$ -value, $+b^*$ -value, chroma, hue angle, electrolyte leakage and total phenolic content tended to increase. We had distributed the bacterial power to the farmers to tested the quality of bacterial product and found that the product is acceptable because the farmers could get the good quality of the mushrooms.

1. คำสำคัญ (Keyword) ของการวิจัย

เห็ดฟาง แบคทีเรียสร้างสปอร์ ราแข่งขัน ปุ๋ยหมักที่เติมเชื้อแบคทีเรีย

Straw mushroom, Endospore forming bacteria, weed fungi, bacterial supplemented compost

2. ความสำคัญและที่มา

การคิดค้นพัฒนาและดัดแปลงวัสดุเพาะเห็ด รวมไปถึงการพัฒนาสายพันธุ์เห็ดมีมาตั้งแต่อดีต ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มผลผลิต และรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ด แต่การนำจุลินทรีย์มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ด เพิ่งจะได้รับความสนใจเมื่อไม่นานมานี้ (Payapanon *et al.* , 2010) นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเพาะเห็ด ได้แก่ เชื้อราแข่งขันที่เจริญบนวัสดุเพาะเห็ด ที่จะไปยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟาง รวมไปถึงตัวไร ตัวหนอนแมลง ที่เข้าไปทำลายเส้นใยหรือดอกเห็ด ทำให้เกิดการเน่าเสีย ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ เกิดการขาดทุน จนต้องหยุดกิจการไป บุขบา (2542) รายงานสาเหตุของโรคในเห็ดเช่น *Sclerotium rolfsii* ซึ่งก่อให้เกิดโรคราเม็ดผักกาด นอกจากนี้ยังมีโรคราเขียวที่เกิดจากราเขียว ได้แก่ *Trichoderma* และ *Gliocladium* ซึ่งจะมีสีเขียวอ่อนหรือเขียวเข้ม ราเขียว *Penicillium* มีสีเขียวอมเทา ที่เจริญจากชี้ฝ้ายหรือฟางข้าวเจริญแข่งขันกับเชื้อเห็ดฟาง ทำลายดอกเห็ดอ่อนๆ ทำให้ผลผลิตของเห็ดต่ำ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ค้นหาวีธีในการป้องกันกำจัดศัตรูของเห็ด เพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น Payapanon *et al.* (2010) รายงานการใช้ *Bacillus subtilis* B2 ที่แยกได้จากแหล่งเพาะเห็ดฟาง และ *Paenibacillus polymyxa* N10 ที่แยกได้จากเปลือกปอสา (mulberry) มาฉีดพ่นบนวัสดุเพาะเห็ดฟาง พบว่าแบคทีเรียมีผลในการควบคุมเชื้อราแข่งขัน ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มสารอาหารให้กับเห็ดฟางส่งผลให้ผลผลิตเห็ดเพิ่มขึ้นได้

เห็ดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีการสูญเสียอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น ดังนั้นจึงเป็นปัญหาต่อการกระจายสินค้ารวมทั้งคุณภาพของเห็ด เนื่องจากเห็ดส่วนใหญ่มีอัตราการหายใจสูง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผล เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีเกิดช้าลง โดยเฉพาะการหายใจ และยังสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลด้วย (จริงแท้, 2542) อีกทั้งยังช่วยลดปฏิกิริยาเคมีภายในเห็ดโดยเฉพาะปฏิกิริยาการย่อยตัวเอง (Autolysis) ซึ่งทำให้ดอกเห็ดยุบตัวลงและมีรสขม (ยุทธนา, 2550) การเก็บรักษาเห็ดจึงนิยมเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ภายใต้ความชื้นสูง ซึ่งจะช่วยให้เห็ดคงความสดและช่วยชะลอความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี แต่ระดับอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปอาจทำให้ผลิตผลมักเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (Chilling injury) (จริงแท้, 2542) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางอยู่ในช่วง 14-16°C (พรณี และอภิตา, 2548) มีรายงานว่า การเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 °C เกิดอาการสะท้อนหนาว ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา (จุฬารณ, 2545) ด้วยเหตุนี้การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางให้ยาวนานขึ้นต้องคำนึงถึงคุณภาพก่อนเก็บเกี่ยวของเห็ดฟางด้วย จากรายงานของ Payapanon *et al.* (2010) สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางจากการเพาะในโรงเรือนได้ โดยการเติมเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* B2 และ *P. polymyxa* N-10 ลงในวัสดุเพาะเห็ดที่ผ่านการหมักและอบไอน้ำ

ก่อนการใส่หัวเชื้อเห็ด อย่างไรก็ตามเห็ดฟางที่ผลิตได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตนี้ ยังไม่มีการตรวจสอบคุณภาพของดอกเห็ดฟางหลังการเก็บรักษา ว่ามีคุณภาพดีกว่าจนทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและการใช้ประโยชน์ได้นานกว่าเห็ดฟางที่ไม่มีการเติมเชื้อหรือไม่ ดังนั้น การทดลองนี้จึงเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิต เปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งหากเห็ดฟางที่ผลิตได้ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้ส่งออกในการจำหน่ายและ/หรือส่งออกเห็ดฟางสดไปตลาดต่างประเทศได้มากขึ้น อันจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการ และนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้มากขึ้น

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการต่อยอดจากโครงการวิจัยการคัดเลือกแบคทีเรียสร้างสปอร์ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง ซึ่งได้คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียสร้างเอนโดสปอร์ที่สามารถยับยั้งเส้นใยเชื้อราแข่งขันของเห็ดและเชื้อราสาเหตุโรคพืชในห้องปฏิบัติการที่ให้ผลโดดเด่นในการส่งเสริมผลผลิตของเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาในระดับโรงเรือนได้คือ ไอโซเลท BC05 ซึ่งต่อไปจะขอเรียกว่า แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 แต่ในการทดลองที่ผ่านมาพบว่ามีปัจจัยภายนอกเข้ามารบกวน ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น ตามฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลง รวมไปถึงหนูที่เข้ามาทำลายเส้นใยเห็ดฟางในโรงเพาะเห็ดในขณะทำการทดลอง ดังนั้นคณะผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ได้ให้ข้อเสนอแนะโดยให้ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดแบบระบบปิดที่สามารถควบคุมปัจจัย อุณหภูมิ และความชื้นได้ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 คณะผู้วิจัยจึงได้เสนอของบประมาณในส่วนของโรงเพาะเห็ดแบบระบบปิดดังกล่าวด้วย โดยการทดลองจะวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เพื่อให้สามารถคำนวณผลได้ถูกต้องตามหลักสถิติ หลังจากนั้นจะนำผลผลิตเห็ดที่ได้มาทดสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังการเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบกับระหว่างดอกเห็ดฟางที่ผลิตจากแปลงเพาะที่เติมเชื้อแบคทีเรียกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตจากแปลงเพาะที่ไม่ได้เติมเชื้อแบคทีเรีย

3. วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1. เพื่อทดสอบและยืนยันผลความสามารถของแบคทีเรียที่ให้ผลการทดสอบดีในการทดลองก่อนหน้านี้ เช่น แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ต่อการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาในโรงเรือนระบบปิด ที่สามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อม เช่น ความชื้น และอุณหภูมิได้
2. ต่อยอดนำแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพดีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ง่าย โดยเก็บเชื้อแบคทีเรียในรูปแบบแห้ง เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางและทดแทนการใช้สารเคมีในการควบคุมเชื้อราแข่งขันในการเพาะเห็ดฟาง
3. เพื่อตรวจสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้จากแปลงเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ เปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตจากแปลงเพาะที่ไม่ได้เติมเชื้อ

แบคทีเรีย

4. เปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพผลผลิตเห็ดฟางที่ได้จากการเติมและไม่เติมแบคทีเรีย

4. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาศักยภาพของแบคทีเรียในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง ในการเพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบระบบปิดที่สามารถควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นให้เหมาะสมกับการเจริญของเห็ดฟาง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาแบคทีเรียที่ให้ผลการทดสอบดีในงานวิจัยที่ผ่านมา เช่นแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 กับเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยา จนแน่ใจว่าสามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางได้ ก่อนที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ง่าย โดยการเก็บเชื้อแบคทีเรียในรูปแบบแห้ง ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้เกษตรกรมีผลผลิตของเห็ดฟางเพิ่มขึ้น โดยคณะผู้วิจัยได้รับความร่วมมือในการทำวิจัยจาก นายจรัญ เฉลิมพร ประธานวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพทำนา หมู่ที่4 ตำบลโคกม่วง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นอกจากนี้จะทำการทดสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้จากแปลงเพาะในแปลงเพาะเห็ดที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย เปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตจากแปลงเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย

5. ทฤษฎี สมมติฐาน และหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย

การใช้วิธีการทางชีวภาพโดยนำเชื้อจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดเชื้อราแข่งขันในโรงเรือนเพาะเห็ดเป็นวิธีการที่น่าสนใจ ไม่มีพิษตกค้างในดอกเห็ดและไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม การทดลองนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ต่อการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาทั้งใน โรงเพาะเห็ดระบบปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และในโรงเพาะเห็ดฟางของเกษตรกร และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ราคาถูกลงที่สามารถนำไปใช้ได้ง่าย และจะทำการเปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดฟางที่ได้จากแปลงเพาะที่ใส่เชื้อแบคทีเรียเพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ด เปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่ไม่ได้ใส่เชื้อแบคทีเรีย ซึ่งหากเห็ดฟางที่ผลิตได้จากแปลงเพาะที่ใส่เชื้อแบคทีเรียดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า ก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้ส่งออกในการจำหน่ายและ/หรือส่งออกเห็ดฟางสดไปตลาดต่างประเทศได้มากขึ้น อันจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการและนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้มากขึ้น

6. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทั่วไปของเห็ดฟาง (ประสาน, 2549)

เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) มีการเจริญ 2 ระยะ คือ ระยะเป็นเส้นใย และระยะที่เป็นดอกเห็ด เส้นใยมีสีน้ำตาลขาว เมื่อเส้นใยรวมตัวกันเป็นก้อนจะกลายเป็นตุ่มนูน ค่อยๆเจริญเติบโตขึ้น มีลักษณะเป็นรูปไข่ที่มีเยื่อหุ้ม ดอกเห็ดจะมีลักษณะคล้ายกระดิ่ง ต่อมาจะค่อยๆบานออก หมวกเห็ดเจริญเต็มที่คล้ายร่ม เมื่อแก่จัดจะมีสีเทา ในระยะแรกครึ่งหมวกจะเป็นสีขาว ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูสด และเป็นสีน้ำตาล

ปัจจัยแวดล้อม และความต้องการของเห็ดฟาง (บุษบา, 2542)

สิ่งแวดล้อมโดยรอบเป็นตัวการสำคัญมากในการทำให้เห็ดเจริญเติบโตดีหรือไม่ดีเพียงไร เห็ดฟางมีลักษณะอุปนิสัยและความต้องการทั้งอาหารและสภาพแวดล้อมเฉพาะตัวของมันที่อาจจะแตกต่างไปจากเห็ดชนิดอื่นๆ ซึ่งหากจะได้ทำความเข้าใจแล้วจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับนักเพาะเห็ด

1. ธาตุอาหาร

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้แบบพืชสีเขียวแบบต้นไม้ทั่วไป แต่มันจะได้รับอาหารและพลังงานจากการย่อยสลายสารอินทรีย์เท่านั้น ธาตุอาหารที่เห็ดฟางต้องใช้มากและมักจะขาดแคลน ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน เกลือแร่และวิตามิน แหล่งคาร์บอนและพลังงานที่เห็ดสามารถใช้ได้ง่ายก็คือ กลูโคส หรือเดิร์กโทส หากคาร์บอนอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนที่ยากแก่การที่เส้นใยเห็ดฟางจะย่อยได้เช่น ซีลี้อย ผลผลิตก็จะได้น้อย เพราะส่วนประกอบหลักของซีลี้อยเป็นพวกกลีซิน และซิลิกา(silica) ในทางตรงกันข้าม หากคาร์บอนอยู่ในรูปที่เห็ดเอาไปใช้ได้ง่าย เช่น เซลลูโลส แป้ง และน้ำตาลมาก เส้นใยของเห็ดก็จะหนาแน่น และให้ผลผลิตสูง แต่การพิจารณาแหล่งคาร์บอนให้แก่เห็ดฟางนั้น จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยอย่างอื่นประกอบด้วย ยกตัวอย่างเช่น ถังน้ำตาลจะอยู่ในรูปที่เห็ดเอาไปใช้ได้ง่ายแต่น้ำตาลก็ไม่ได้เป็นแหล่งคาร์บอนที่นิยมใช้เฉพาะเห็ดฟาง เพราะถ้าใส่น้ำตาลลงไปมากก็มักจะเกิดปัญหาอย่างอื่นตามมา เช่น วัสดุเพาะเกิดการบูดเน่าเร็ว หรือความร้อนไม่เพียงพอ ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุเพาะเห็ดฟางจึงเน้นหนักไปที่วัสดุที่มีเซลลูโลสสูง เช่น ฟาง ผักตบชวา ใส่ฝ้าย ใสนุ่น

2. ความเป็นกรดต่าง

เห็ดฟางชอบความเป็นกลาง คือ พีเอช 7 หรือเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจากเห็ดเป็นฟืนใจ (fungi) มันจึงมักทนกรดได้มากกว่าแบคทีเรีย โดยทั่วไปในอาหารที่เป็นกรด เห็ดอาจจะเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่เป็นการเจริญด้านเส้นใยเท่านั้น อาจสร้างออย์เดียซึ่งเป็นสปอร์ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ทางเพศขึ้นได้ แต่การสร้างดอกเห็ดจะเกิดขึ้นได้ยาก การเกิดดอกเห็ดจะเกิดได้ดีในความเป็นกลาง หรือพีเอชเท่ากับเจ็ด

3. อากาศ

เห็ดเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาเกิดดอกเห็ด อันที่จริงทุกระยะของการเจริญเติบโตล้วนแต่ต้องการอากาศหายใจทั้งสิ้น ทั้งตอนเป็นดอกเห็ด และระยะเส้นใย แต่ระยะเส้นใยจะทนทานการขาดออกซิเจนได้ดีกว่าระยะเป็นดอกเห็ด

ในระยะการเจริญเติบโตของเส้นใย หากมีจำนวนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณกองเพาะสูงกว่าปกติจะทำให้เส้นใยเห็ดเจริญเติบโตทางด้านความยาว ในขณะที่เส้นใยต้องมีการรวมตัวกันเพื่อเกิดดอกหากมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะทำให้การเกิดดอกน้อยลง หรือไม่เกิดเลยถ้ามีก๊าซนี้มาก และในขณะที่เห็ดกำลังสร้างดอกนั้น หากมีจำนวนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก จะทำให้ก้านดอกยืดยาว และส่วนของหมวกเห็ดไม่เจริญขยายกว้างออกไป หรือถ้าเกิดเป็นดอกเห็ดแล้ว จะทำให้ดอกเห็ดบานเร็วผิดปกติ

จากเหตุดังกล่าวจะเห็นว่า การถ่ายเทอากาศมีผลต่อระยะที่กำลังจะเกิดดอกเห็ดและเกิดดอกแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการระบายอากาศไม่ดีจะประสบปัญหาเรื่องอากาศเสมอ ซึ่งต้องแก้ไขโดยการเปิดเอาวัสดุคลุมออก หรือเติมอากาศดีเข้าไป

4. ความชื้น

เห็ดก็เหมือนกับสิ่งมีชีวิตทั่วไปคือ ต้องการน้ำในการเจริญเติบโต เห็ดไม่สามารถขึ้นได้ในที่ขาดน้ำ หรือในที่ที่มีความชื้นต่ำ ในการเพาะเห็ดนั้น ความชื้นของวัสดุเพาะและความชื้นของอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก การเพิ่มความชื้นในวัสดุเพาะทำได้โดยการรดน้ำแต่ต้องระวังมิให้มากเกินไปเพราะจะทำให้เส้นใยชะงักการเจริญหรือเปียกไปจนมีจุลินทรีย์ประเภทอื่นๆ เช่น แบคทีเรียเจริญดีแทนเส้นใยเห็ด การปล่อยให้เปียกเกินไปยังทำให้อากาศในวัสดุเพาะลดน้อยลง ขาดออกซิเจน เส้นใยอาจเจริญไม่ดี หรือไม่เจริญ หรือตายได้ แต่ถ้าทิ้งให้แห้งเกินไปก็จะขาดน้ำจนสารที่เป็นอาหารไม่ละลาย หรือสูญเสียน้ำออกไปจากเส้นใยเห็ด ทำให้เส้นใยเจริญไม่ได้

ส่วนความชื้นในอากาศทำได้โดยการพ่นละอองน้ำในอากาศ ถ้าการหมุนเวียนของอากาศมีมากเกินไป ก็มักจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง ดอกเห็ดโดยทั่วไปบอบบางและมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นในอากาศมีน้อยก็จะเกิดการระเหยของน้ำออกไปจากดอกเห็ดทำให้ดอกเห็ดแห้งและชะงักการเจริญ ถ้าความชื้นมากเกินไปจะเกิดเส้นใยฟูขึ้นแถวโคนดอก ดอกเห็ดที่มีอยู่จะมีลักษณะคุณภาพต่ำ คืออมน้ำและเกิดดอกเห็ดลดลงมาก

5. แสงสว่าง (Light)

เห็ดฟางไม่ต้องการแสงสว่าง เพราะไม่มีสารคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) แต่แสงก็มีส่วนช่วยในการสร้างดอก (fruit body) โดยเฉพาะแสงสีน้ำเงิน ดังนั้นในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางแบบอุตสาหกรรม หรือในโรงเรือน จึงให้แสงสว่างสีน้ำเงิน หรือใช้ผ้าพลาสติกสีน้ำเงิน ให้แสงส่องผ่าน ปกติดอกเห็ดที่ถูกแสงแดดทำให้ดอกเห็ดมีสีคล้ำ หมวกดอกมีสีดำและบานเร็ว

วิธีการเพาะเห็ดฟาง

วิธีการเพาะเห็ดฟางทำได้หลายวิธีดังนี้ คือ การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูง การเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ย การเพาะเห็ดฟางแบบอุตสาหกรรม หรือแบบโรงเรือน การเพาะเห็ดฟางในตะกร้า การเพาะเห็ดฟางในกล่อง การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูงและกองเตี้ยจะเป็นการเพาะแบบกลางแจ้ง แต่การเพาะแบบอุตสาหกรรมในตะกร้า และในกล่องจะเพาะภายในโรงเรือน

1. การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูง การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูง เป็นวิธีการเพาะเห็ดฟางแบบดั้งเดิม ซึ่งปัจจุบันไม่ค่อยนิยมเพราะเปลืองฟางซึ่งเป็นวัสดุเพาะที่สำคัญ และใช้แรงงานมาก เห็ดฟางจะทยอยให้ผลผลิต ทำให้เสียเวลาในการดูแล ผลผลิตที่ได้จึงไม่ค่อยสม่ำเสมอเหมือนการเพาะแบบอื่น

2. การเพาะเห็ดฟางแบบอุตสาหกรรมหรือแบบในโรงเรือน เป็นวิธีการเพาะที่นิยมของเกษตรกร ได้ผลผลิตที่ดีกว่า และแน่นอนกว่าแบบกลางแจ้ง แต่ต้องลงทุนสูงกว่า โดยเฉพาะโรงเรือน และต้องเข้าใจธรรมชาติและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟางต้องมีเครื่องกำเนิดไอน้ำ มีชั้นวางวัสดุเพาะในโรงเรือน ที่ควบคุมความชื้น และอุณหภูมิได้ มีอ่างสำหรับหมักวัสดุเพาะ แต่ก็ให้ผลผลิตที่คุ้มค่ากับการลงทุน

3. การเพาะเห็ดฟางในตะกร้า เป็นรูปแบบการเพาะเห็ดฟางอีกแบบหนึ่งที่ทำได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อย ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ต้นทุนน้อย สามารถเพาะเพื่อบริโภคในครัวเรือนได้ ดอกเห็ดสามารถทยอยออกได้เรื่อยๆ

เป็นการลดรายจ่ายด้านอาหารในครัวเรือน และสามารถทำเป็นกิจกรรมเสริมเพื่อพักผ่อนหย่อนใจได้ด้วย วัสดุที่ใช้เพาะสามารถใช้วัสดุเศษเหลือในไร่นาได้ เช่นเดียวกับการเพาะเห็ดฟางแบบอื่นๆ และยังสามารถนำก้อนเชื้อเห็ดถุงที่เก็บดอกหมดแล้วทิ้งเห็ดขอนแก่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม มาเป็นวัสดุเพาะได้อีกด้วย

โรงเรือนเพาะเห็ดฟางควรเป็นโรงเรือนที่ปิดมิดชิดสร้างด้วยอิฐบล็อก หรือไม้ไผ่ ขนาดโรงเรือน 6x8x2.5 เมตร มีประตูเปิดปิด 2 ด้านหน้าต่างแบบ เปิด-ปิด เพื่อระบายความร้อนและอากาศเสีย พื้นโรงเรือนควรเทพูหรือคอนกรีต เพื่อสะดวกในการทำทำความสะอาด ชั้นเพาะเห็ดมี 4 แถว แถวละ 4 ชั้น ชั้นละ 5 ตารางเมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับความกว้างและความยาวของแต่ละโรงเรือน แต่ละชั้นห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตรพื้นชั้นปูด้วยไม้รวกหรือตะแกรงพลาสติกมีเครื่องกำเนิดไอน้ำที่มีขนาดใหญ่พอที่จะให้ความร้อนภายในโรงเรือนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ติดต่อกัน และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสอีกอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ติดต่อกัน ในโรงเรือนควรมีเทอร์โมมิเตอร์ ที่สามารถวัดอุณหภูมิ ความร้อน ระหว่าง 1-100 องศาเซลเซียส (พาร์มดี, 2556)

ปัญหาอุปสรรคของการเพาะเห็ดฟาง

1. การหมักวัสดุเพาะแล้วอุณหภูมิในกองปุ๋ยไม่สูงเท่าที่ควร มักพบเสมอถ้าวัสดุเพาะเก่าหรือมีการเก็บรักษาไม่ดีทำให้อาหารเหลือน้อย จึงทำให้เกิดกิจกรรมการหมักของจุลินทรีย์น้อย มีผลทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยไม่สูงเท่าที่ควร เกษตรกรจึงควรเลือกวัสดุเพาะใหม่ๆ มีธาตุอาหารสำหรับจุลินทรีย์มาก
2. อบไอน้ำในโรงเรือนไม่ได้ระดับอุณหภูมิที่ต้องการ อาจเนื่องมาจากอุปกรณ์กำเนิดไอน้ำไม่สามารถให้ไอน้ำได้เพียงพอกับที่ต้องการ คือ 60 – 72 องศาเซลเซียส นานต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
3. โรยเชื้อแล้วเส้นใยไม่เดินหรือเดินไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเชื้อเห็ดฟางคุณภาพไม่ดี เกษตรกรจึงควรเลือกซื้อจากแหล่งที่เชื่อถือได้ และอายุของเชื้อพอเหมาะไม่แก่จนเกินไป
4. หลังจากตัดเส้นใยแล้ว 2 – 3 วันเส้นใยไม่รวมตัวกันเป็นดอก อาจมีสาเหตุมาจากห้องปิดมิดชิดไม่ได้รับแสงเพื่อกระตุ้นการสร้างดอก ถ้าตำแหน่งโรงเรือนทำให้ได้รับแสงไม่พออาจติดตั้งหลอดไฟฟ้าเพิ่มให้
5. การเกิดราเขียวขึ้นบนชั้นเพาะ มักมีสาเหตุมาจากการอบไอน้ำอุณหภูมิไม่สูงถึง 60 – 72 องศาเซลเซียส และนานอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ทำให้เกิดราเขียวเข้ารบกวน
6. การเกิดเห็ดถั่วหรือเห็ดขาวขึ้นบนชั้นเพาะ มักเกิดกับปุ๋ยหมักที่มีแอมโมเนีย หรือใส่ยูเรียมากเกินไป หรือควรหลีกเลี่ยงการใช้ยูเรียโดยการใช้สูตร 15 – 15 – 15 แทน
7. การเกิดราสีน้ำตาลขึ้นบนชั้นเพาะ มักมีสาเหตุมาจากการอบไอน้ำไม่ได้ตามกำหนด และอีกสาเหตุหนึ่งคือเชื้อเห็ดฟางไม่แข็งแรง ทำให้ราสีน้ำตาลเจริญขึ้นคลุมวัสดุเพาะ ซึ่งอาจแก้ปัญหาโดยการโรยปูนขาว บริเวณที่มีราสีน้ำตาลในระยะเริ่มแรก

8. ดอกเห็ดที่มีขนาดเล็กและบานเร็ว ผลผลิตน้อยมีสาเหตุ คือ สาเหตุแรก เชื้อเห็ดฟางไม่แข็งแรง เนื่องจากการต่อเชื้อหลายครั้ง อีกประการหนึ่งคือวัสดุเพาะมีอาหารอยู่น้อยหรือวัสดุเก่าเก็บรักษาไม่ดี

9. ดอกเห็ดมีลักษณะคล้ายหนังคางคก เนื่องจากอากาศร้อนเกินไป ควรมีการเปิดช่องระบายอากาศ และรดน้ำบริเวณพื้นและผนังโรงเรือนรักษาอุณหภูมิให้อยู่ที่ 28 – 32 องศาเซลเซียส

10. โรคศัตรูเห็ดเข้าทำลาย มักเกิดจากเชื้อเห็ดฟางไม่บริสุทธิ์ มีไรหรือไข่ไรปะปนมา

วิธีการแก้ไขและควบคุมศัตรูของเห็ดฟาง

1. การใช้สารเคมีควบคุมศัตรูเห็ด เกษตรกรจะให้สารเคมีที่มีขายตามท้องตลาด นำมาช่วยในการกำจัดโรคศัตรูเห็ดและควบคุมเชื้อราแข่งขันในการเพาะเห็ดฟาง อย่างไรก็ตามวิธีนี้ แม้ว่าจะได้ผลดี แต่สารเคมีจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อย่าง

2. การควบคุมโดยชีววิธี ในปัจจุบันมีเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟางหลายคน เริ่มหันมาให้ความสนใจในการเลือกใช้เชื้อจุลินทรีย์แทนการใช้สารเคมีในการควบคุมเชื้อราแข่งขันของเห็ดฟางกันมากขึ้น เพราะนอกจากจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีในการเกษตรให้น้อยลง รวมทั้งไม่เป็นอันตรายต่อเกษตรกรผู้นำไปใช้

มีรายงานว่า Ferreira และคณะ (1991) สามารถนำเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* มาใช้ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชได้ Nalisha และคณะ (2006) ได้ศึกษาการนำเชื้อ *Bacillus subtilis* มาใช้ควบคุมเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* โดยศึกษาด้วยสภาวะต่างๆ คือ แสง pH และอุณหภูมิ พบว่าเชื้อ *Bacillus subtilis* สามารถสร้างสารมาควบคุมเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ได้อย่างคงที่คือ 58.3 % ที่อุณหภูมิ 80 °C pH ที่ให้ผลดีที่สุดคือ pH 11 ยับยั้งได้ 31.57 % และสภาวะที่อยู่ในที่มีดจะสามารถสร้างสารมาควบคุมเชื้อราได้ดีคือ 46.24 % และจากรายงานของ Payapanon และคณะ (2010) พบว่าการนำน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่สร้างเอนโดสปอร์ของ *Bacillus subtilis* B2 ที่แยกได้จากพื้นที่ใช้เพาะเห็ดฟาง และ *Paenibacillus polymyxa* N10 แยกได้จากเปลือกปอสามาฉัดพบนววัสดุเพาะเห็ดฟาง ในอัตราส่วน 1 ลิตรต่อพื้นที่ 4 ตารางเมตร พบว่าแบคทีเรียมีผลในการควบคุมเชื้อราแข่งขันและทำให้ผลผลิตของเห็ดฟางเพิ่มขึ้นได้ 5-10% นับเป็นรายงานแรกที่สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางโดยใช้แบคทีเรีย

สุทธิชัย (2553) ทำการทดลองใช้วัสดุเพาะและวัสดุอาหารเสริมชนิดต่างๆ ร่วมกับกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ และนำหมักชีวภาพต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก โดยการแช่ฟางข้าวเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในน้ำหมักจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในน้ำหมักจากสูตรสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในน้ำที่ผสมกับเชื้อจุลินทรีย์ พด.1, 2 และ 3 (กรมพัฒนาที่ดิน) เชื้อ *Bacillus subtilis* (Bs) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และแช่น้ำเปล่า ส่วนที่เหลือที่ใช้แล้วและที่เหลือใหม่หมักเป็นเวลา 9 วัน กับน้ำหมักจุลินทรีย์และน้ำผสมจุลินทรีย์ต่างๆ เช่นเดียวกันกับการทดลองฟางข้าว มีการวางแผนแบบ Factorial (3x5) RCBD ทำการทดลอง 5 ซ้ำๆ ละ 1 ตะกร้า ผลการทดลองพบว่า การเพาะด้วยฟางข้าวแช่น้ำ 12 ชั่วโมง ให้

ผลผลิตสูงสุด 529.40 กรัม/ตะกร้า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองอื่นๆ ส่วนขนาดของดอกไม้แตกต่างกัน การเปรียบเทียบผลผลิตการเพาะเห็ดฟางในตะกร้า โดยใช้ฟางข้าวแช่น้ำ 12 ชั่วโมงเป็นวัสดุเพาะ แต่ใช้วัสดุที่เป็นอาหารเสริมแตกต่างกัน คือ ใช้ภูไมค์ ขี้เถ้า ผักตบชวา รำละเอียด และเปรียบเทียบกับการใช้ ผักตบชวาเพาะร่วมกับขี้เถ้าที่ผ่านการเพาะมาแล้ววางแผนแบบ RCB มี 5 ซ้ำๆ ละ 3 ตะกร้า โดยใช้อาหารเสริมในอัตรา 6% ของ น้ำหนักแห้งวัสดุเพาะ ผลการทดลองพบว่า การใช้ขี้เถ้าเป็นอาหารเสริมนั้นให้ผลผลิตสูงสุด คือ 572.52 กรัม/ตะกร้า ส่วนขนาดของดอกไม้แตกต่างกัน และการทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้ขี้เถ้าเป็นอาหารเสริมโดยทดลองในอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10% วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 5 ซ้ำๆ ละ 3 ตะกร้า ซึ่งผลการทดลอง พบว่าการใช้ขี้เถ้า 8% ของวัสดุเพาะหรือประมาณ 200 กรัม/ตะกร้า มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด 562.10 กรัม/ตะกร้า

เห็ดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่เสื่อมคุณภาพและเน่าเสียได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอื่นๆ (Tano *et al.*, 1999; Briones *et al.*, 1992) เพราะมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 85-95 % (Cho *et al.*, 1982) และมีการหายใจสูงมาก ที่อุณหภูมิ 25°C มากกว่า 200 มก.CO₂/กก.ชม.หรือมีอัตราการผลิตความร้อนที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 58,000-69,900 บีทียู/ตัน/วัน (จริงแท้, 2542) จึงทำให้เห็ดฟางบอบช้ำจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่งได้ง่าย ประกอบกับคุณภาพของเห็ดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เห็ดฟางที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคคือ ระยะเวลาไข่ ส่วนของปลอกหุ้มไม่แตก ดอกเห็ดมีสีขาวครีมหรือสีเทาตามธรรมชาติ เนื้อแน่น (อดุลย์, 2542; อานนท์, 2530) สำหรับสีของดอกเห็ด เห็ดที่มีคุณภาพดีควรมีสีตรงตามพันธุ์ ซึ่งสำหรับเห็ดฟางแล้วควรมีสีที่ขาวครีมหรือสีขาวอมเทา ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมขณะที่ดอกเห็ดเจริญเติบโต ส่วนดอกเห็ดที่เสื่อมคุณภาพ สีของดอกเห็ดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล Burton *et al.* (1995) กล่าวว่า การเกิดสีน้ำตาลในเห็ดเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างสารประกอบฟีนอลลิกกับเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนอกจากเกิดจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์แล้ว ยังมีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำด้วย แต่เกิดช้ากว่าและเกิดขึ้นน้อยกว่าการเกิดสีน้ำตาลอันมีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Cho *et al.*, 1982) ส่วนความแน่นเนื้อของดอกเห็ดฟาง มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียของเห็ด กล่าวคือ เมื่อเห็ดมีการสูญเสียเซลล์มีความแตงลดลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อเห็ด (autolysis) ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง (Mcgarra and Bonton, 1994) นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไปก็เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ความแน่นเนื้อลดลง มีรายงานว่า เห็ดฟางมักเน่าและภายหลังการเก็บรักษาที่ 4-6°C นาน 1 วัน จุฬารัตน์ (2545) พบว่า การเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10°C นาน 2 วัน เห็ดฟางได้รับผลกระทบจากความเย็น มีความแน่นเนื้อลดลง มีสีคล้ำและมีน้ำแฉะ

การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง สามารถทำได้โดยการเก็บรักษาดอกเห็ดฟางที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงของผลิตผล เนื่องจากมีผลให้กระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ เกิดได้ช้าลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหายใจ ในขณะเดียวกันก็สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลิตผลได้ด้วย (จริงแท้, 2542) และสำหรับในเห็ด อุณหภูมิต่ำสามารถลดการย่อยสลายตัวเองได้

(วัชรินทร์, 2536) แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตแต่ละชนิดมีระดับความทนทานอุณหภูมิต่ำสุดแตกต่างกันไป (สายชล, 2528) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางอยู่ในช่วง 14-16°C (พรรณี และอภิธา, 2548) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิในช่วงดังกล่าวเช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13°C จะก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาวในวันที่ 2 และ 3-4 ตามลำดับ (จุฬารณ, 2545)

ปัจจุบันการบรรจุเห็ดฟางวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตจะมีการบรรจุเห็ดฟางในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หรือวางเห็ดฟางบนถาดโฟมก่อนห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ทั้งนี้ฟิล์มพลาสติกหรือถุงพลาสติกที่ใช้นั้นควรมีรูระบายอากาศ การบรรจุในถุงขนาดเล็กควรมีรูอย่างน้อย 2-4 รู ขนาด 0.2-0.5 เซนติเมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศ ผลผลิตจะไม่ขาดออกซิเจนและไม่เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะวางขายในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง จากการศึกษาพบว่า การเจาะรูฟิล์มพอลิไวนิลคลอไรด์ จำนวน 16 รู ในอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางสดได้นานถึง 6 วัน (พรรณี, 2551)

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถทราบถึงประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง และความสามารถในการยับยั้งการเจริญของราแข่งขันของเห็ดฟาง และรสชาติเห็ดฟางที่บางชนิดในระดับโรงเรือนได้
- สามารถพัฒนาแบคทีเรียที่มีความสามารถในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางและยับยั้งการเจริญของราแข่งขันของเห็ดฟาง และรสชาติเห็ดฟางที่บางชนิด เป็นผลิตภัณฑ์แบบแห้ง เพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ได้ โดยทดสอบเบื้องต้นกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพทำนา หมู่ที่ 4 ตำบลโคกม่วง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- หากเห็ดฟางที่ได้จากวัสดุเพาะเห็ดที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียมีคุณภาพที่ดีกว่าเห็ดฟางทั่วไปในแง่ของคุณภาพและการเก็บรักษาจะช่วยทำให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้น
- สามารถพัฒนาไปสู่การส่งออกไปต่างประเทศที่ต้องการเห็ดฟางสด เช่น บรูไน

9. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

- พัฒนาแบคทีเรียเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้งเพื่อแจกให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟางได้ทดลองใช้
- การตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ การนำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการ
- มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้กับผู้ส่งออก ผู้ประกอบการ และผู้สนใจทั่วไป ณ ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
- จัดทำคู่มือการใช้ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียแห้ง เพื่อแจกจ่ายให้ผู้สนใจ

10.วิธีการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ เป็นการต่อยอดนำแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาเพิ่มขึ้นและมีเชื้อราแข่งขันน้อยลง ในการทดลองที่ผ่านมา และมีคุณสมบัติทางชีวเคมีและสรีรวิทยาที่คล้ายคลึงกับเชื้อ *Bacillus subtilis* มาศึกษาการส่งเสริมการเจริญของเห็ดฟาง ในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางที่มีการควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นให้เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดฟาง

1. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

- 1.) นำเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 มาเพาะเลี้ยงบนอาหาร nutrient agar เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 2.) ถ่ายเชื้อจำนวน 1 loop ลงในอาหาร nutrient broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และนำไปเขย่า ที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 3.) นำเชื้อมาตรวจนับจำนวนเชื้อตั้งต้นด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient agar และถ่ายเชื้อ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงใน flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุอาหาร nutrient broth ปริมาตร 200 และนำไปเขย่า ที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. การเตรียมก้อนเชื้อของเห็ดฟาง

ซื้อมันเชื้อเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาจากแหล่งที่เชื่อถือได้ โดยสูตรการเตรียมก้อนเชื้อมีดังนี้ ใช้สูตรปุ๋ยมูลสัตว์ 1 ส่วน ใส่นุ่น 4 ส่วน เปลือกกล้วยแห้ง 3 ส่วน นำไปกองเป็นรูปสามเหลี่ยมคลุมด้วยถุงพลาสติก กลับกอง 3 วันต่อครั้ง กลับกอง 3-4 ครั้ง จนปุ๋ยหมักเป็นสีน้ำตาลอ่อนและมีกลิ่นแบบเห็ด จากนั้น บรรจุลงถุงพลาสติกก้อน นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ต่อเชื้อเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาลงในถุง และนำถุงก้อนเชื้อไปบ่มในห้องที่มีอุณหภูมิ 33-38 องศาเซลเซียส

3. โรงเรือนทดสอบ การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดฟาง การฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียทดสอบบนวัสดุเพาะเห็ดฟาง และการใส่หัวเชื้อเห็ดฟาง

โรงเรือนทดสอบ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ตั้งอยู่ 2 สถานที่ คือ

- โรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด ตั้งอยู่ที่บริเวณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เริ่มก่อสร้างและติดตั้งระบบ ช่วงเดือนสิงหาคม แล้วเสร็จช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน 2558
- โรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ตั้งอยู่ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แต่ละโรงเรือนมีชั้นเพาะเห็ด จำนวน 3 แถว แต่ละแถวมี 4 ชั้น ซึ่ง 1 ชั้นมีพื้นที่ 4 ตารางเมตร

การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดฟาง การฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียทดสอบบนวัสดุเพาะเห็ดฟาง และการใส่หัวเชื้อเห็ดฟาง

วัสดุเพาะเห็ดฟาง เตรียมโดยใช้ส่วนผสมของวัสดุเพาะเห็ดฟางที่มีส่วนผสมประกอบด้วย

- ฟางข้าวอัดก้อน	8 ก้อน
- ขี้ฟ้าย	200 กิโลกรัม
- รำข้าว	20 กิโลกรัม
- ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0	2 กิโลกรัม
- ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม
- แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม
- ปูนขาว	4 กิโลกรัม

การทำปุ๋ยหมัก

1. นำขี้ฟ้ายออกจากก้อนฟายมาฉีกให้มีลักษณะชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ปล่อน้ำออก แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือแค่ให้ฟายมีลักษณะหมาดน้ำ
3. นำขี้ฟายมาผสมกับส่วนผสม (รำข้าว ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยเม็ด แป้งข้าวเหนียว และปูนขาว ตามสัดส่วนด้านบน) คลุกให้เข้ากันทั้งหมด หมักไว้เป็นลักษณะกองสูงคลุมด้วยผ้าพลาสติกให้มิดชิด หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. เปิดผ้าคลุมออกมาเกลี่ยกองปุ๋ยหมักแผ่ออกให้ทั่ว เพื่อระบายอากาศเสียออกจากกองปุ๋ยหมัก 2-3 ชม. แล้วจึงเกลี่ยให้เป็นลักษณะกองสูง ปิดด้วยผ้าพลาสติก หมักอีกครั้งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก็จะได้วัสดุเพาะเห็ดฟาง เพื่อนำขึ้นจัดวางบนชั้นเพาะเห็ดและอบฆ่าเชื้อต่อไป
5. นำเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้จากข้อ 1. มาฉีดพ่นลงบนวัสดุเพาะเห็ด โดยฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรีย ปริมาตร 200 หรือ 250 มิลลิลิตร หรือ 500 หรือ 600 มิลลิลิตร ต่อ 1 ช่องที่กั้นแบ่ง ก่อนที่จะใส่เชื้อเห็ดฟาง โดย control คือการเพาะแบบปกติโดยไม่เติมแบคทีเรีย
6. นำก้อนหัวเชื้อเห็ดฟางมาฉีกให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่หัวเชื้อเห็ดฟางบนชั้นเพาะเห็ด ชั้นละ 5 ก้อน โดยใส่หัวเชื้อเห็ดฟางในแต่ละช่องให้เท่าๆ กัน

4. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด ก่อนเก็บผลผลิต

- 1.) หลังจากใส่หัวเชื้อเห็ดฟางลงบนชั้นเพาะแล้ว ให้ปิดโรงเพาะเห็ดไว้เป็นเวลา 2 วัน ในระหว่างที่ปิดโรงนี้ อุณหภูมิภายในห้องจะค่อยๆ สูงขึ้น เนื่องจากการคายความร้อนจากกิจกรรมของเส้นใยเห็ดฟาง ซึ่งต้องควบคุมให้อุณหภูมิภายในโรงเพาะให้อยู่ที่ 32-33 องศาเซลเซียส จะทำให้เส้นใยเห็ดฟางเจริญได้ดี
- 2.) เมื่อเส้นใยเห็ดฟางมีลักษณะฟูเต็มชั้นเพาะเห็ด ให้ทำการตัดเส้นใย โดยการใช้หัวโซเบอร์ 0 ฟัน ละอองน้ำลงบนชั้นเพาะเห็ดเพื่อให้เส้นใยเห็ดฟางที่ฟู จับตัวกันเป็นการกระตุ้นให้เส้นใยเห็ดฟางสร้างตุ่มดอก
- 3.) หลังจากตัดเส้นใยเห็ดฟาง ให้ทำการเปิดพัดลมระบายอากาศภายในโรงเพาะเห็ด เพื่อลดอุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ที่ 28-29 องศาเซลเซียส ซึ่งตุ่มดอกจะขึ้นภายใน 2-3 วัน
- 4.) เมื่อตุ่มดอกเริ่มขึ้นบนชั้นเพาะเห็ดแล้ว ต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 29 องศาเซลเซียส และให้ความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดไม่ต่ำกว่า 80%

5. การพัฒนาแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 เป็นผลิตภัณฑ์แห้ง

เมื่อทราบแน่ชัดแล้วว่าแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางได้จริง จึงจะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งตามวิธี ดังต่อไปนี้

- 1). เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ใน nutrient broth ที่อุณหภูมิห้อง บนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
- 2). เติมน้ำละลาย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.1M ลงไปในอาหารเหลว อัตรา 10 % โดยปริมาตร
- 3). เติมน้ำ Methyl cellulose 2.5% อัตราส่วน 1:1 ลงในสารละลายข้อ 6.2
- 4). เติมน้ำ Talcum Powder ลงไปในอัตราส่วน 4:1 ให้เท่ากัน
- 5). นำไปผึ่งในที่ร่ม จนกระทั่งแห้งสนิท
- 6). บดให้ละเอียด จากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติกใส ปิดปากถุงพลาสติก
- 7). ตรวจนับเซลล์แบคทีเรียเริ่มต้น เพื่อบันทึกจำนวนเซลล์มีชีวิต โดยวิธี serial dilution plate technique บนอาหาร NA

6. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 จากผลิตภัณฑ์แห้ง

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 5. ไปทดสอบกับโรงเพาะเห็ดฟางระบบปิด และโรงเพาะเห็ดฟางของนายเจริญ เฉลิมพร ประธานวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพทำนา หมู่ที่ 4 ตำบลโคกม่วง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยการนำผลิตภัณฑ์ 14 กรัม ใส่ในนมถั่วเหลือง 1 กล่อง (250 มล.) บ่มทิ้งไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ ผสมน้ำ 250 มล. และนำไปฉีดพ่นลงบนวัสดุเพาะเห็ด ก่อนการลงเชื้อเห็ดฟาง

7. การตรวจสอบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่เติมแบคทีเรียและไม่เติมแบคทีเรีย

การทดสอบในส่วนนี้ ทำการทดสอบที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

7.1 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิดและในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

7.1.1 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางเมื่อเพาะในโรงเรือนระบบปิด

เก็บเกี่ยวเห็ดฟางที่เพาะในวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางซึ่งเพาะในโรงเรือนระบบปิด ที่ตั้งอยู่ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ทำการตัดแต่งเอาเศษวัสดุเพาะออกเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกก่อนบรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมให้น้ำหนักประมาณ 200-220 กรัม หุ้มด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม และขนส่งมายัง

ห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบกับเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย การทดลองแบ่งเป็น 2 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำๆ ละ 1 ถาด ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Control)

ทรีตเมนต์ที่ 2 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย

เก็บรักษาเห็ดฟางในห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% เป็นเวลา 6 วัน บันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้

1. อายุการเก็บรักษา (วัน) โดยพิจารณาการเสื่อมสภาพของดอกเห็ดฟางที่เกิดอาการฉ่ำและน้ำ ซึ่งหากปรากฏขึ้นเพียง 1 ดอกที่บรรจุถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

2. ลักษณะคุณภาพปรากฏ

2.1 คุณภาพที่มองเห็นด้วยตา ให้คะแนน 1-9

คะแนน 9 = ดีเยี่ยม

คะแนน 7 = ดีมาก

คะแนน 5 = ดี และยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด

คะแนน 3 = พอใช้ และอยู่ในระดับที่ยังใช้ได้

คะแนน 1 = ไม่สามารถรับประทานได้

2.2 กลิ่น ให้คะแนน 1-9 คะแนน

คะแนน 9 = ดีเยี่ยม

คะแนน 7 = ดีมาก

คะแนน 5 = ดี และยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด

คะแนน 3 = พอใช้ และอยู่ในระดับที่ยังใช้ได้

คะแนน 1 = มีกลิ่นผิดปกติรุนแรงมาก ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

2.3 เนื้อสัมผัส โดยใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้กด แล้วให้คะแนน 1-9 คะแนน

คะแนน 9 = ความเนื้อแน่นมาก และเซลล์ยังมีความเต่งอยู่

คะแนน 7 = ความเนื้อแน่นลดลงไม่มาก

คะแนน 5 = ความเนื้อแน่นลดลงปานกลาง

คะแนน 3 = เนื้ออ่อนนุ่ม

คะแนน 1 = เนื้ออ่อนนุ่มมาก

2.4 สีปรากฏ โดยให้คะแนน 1-9 คะแนน

คะแนน 9 = สีปกติ

คะแนน 7 = สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

คะแนน 5 = สีเปลี่ยนแปลงปานกลาง

คะแนน 3 = สีเปลี่ยนแปลงมาก

คะแนน 1 = สีเปลี่ยนแปลงอย่างมาก

2.5 การเจริญของเส้นใย ให้คะแนน 1-5 คะแนน

คะแนน 1 = ไม่มีการเจริญเติบโตเส้นใย

คะแนน 2 = มีการเจริญเติบโตเส้นใยเล็กน้อย

คะแนน 3 = มีการเจริญเติบโตเส้นใยปานกลาง

คะแนน 4 = มีการเจริญเติบโตเส้นใยมาก

คะแนน 5 = มีการเจริญเติบโตเส้นใยรุนแรงมาก

3. การสูญเสียน้ำหนัก (%) โดยการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บรักษา จากนั้นจึงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก โดยใช้สูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

4. ปริมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี

5. การเปลี่ยนแปลงสี

วัดการเปลี่ยนแปลงสีของพลอกหุ้มดอกเห็ด จำนวน 10 ดอกต่อซ้ำ ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR 400, Japan) ระบบ C.I.E. รายงานผลเป็นค่า L^* a^* b^* C และ $^{\circ}H$

6. ความแน่นเนื้อ (นิเวต)

โดยใช้ firmness tester ที่รับแรงกด 1 กิโลกรัม ใช้หัวกดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร วัดบริเวณโคนก้านดอกเห็ดจำนวน 10 ดอกต่อซ้ำ ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และคำนวณเป็นหน่วยนิเวต

7. การร้าวไหลของประจุบริเวณพลอกหุ้มดอกเห็ด ดัดแปลงจากวิธีของ จุฬารักษ์ (2545)

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity: TA) ของน้ำคั้นดอกเห็ด ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1990)

9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids : TSS) ของน้ำคั้นดอกเห็ดฟาง
โดยนำน้ำคั้นดอกเห็ดมาอ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วย hand refractometer (Atago, Japan)

10. ปริมาณวิตามินซี ตามวิธีของ Roe *et al.* (1948)

11. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีของ Singleton and Rossi (1965)

7.1.2 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ในวัสดุเพาะเห็ดฟางเมื่อเพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

หลังจากได้ผลทดสอบในข้อ 7.1.1 จึงนำแบคทีเรีย ไปทดสอบในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ในอำเภอภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำการเก็บเกี่ยวเห็ดฟางที่เพาะที่ได้ทั้งจากการเติมและไม่เติมแบคทีเรียบนวัสดุเพาะ ทำการตัดแต่งเอาเศษวัสดุเพาะออกเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกก่อนบรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมให้น้ำหนักประมาณ 200-220 กรัม หุ้มด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว การทดลองแบ่งเป็น 2 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำๆ ละ 1 ถาด ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Control)

ทรีตเมนต์ที่ 2 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB

เก็บรักษาเห็ดฟางในห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% เป็นเวลา 6 วัน บันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน เช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 7.1.1

7.2 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผงในวัสดุเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิดและในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

7.2.1 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผงในวัสดุเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิด

เก็บเกี่ยวเห็ดฟางที่เพาะในวัสดุเพาะเห็ดฟางที่มีการผสมแบคทีเรียชนิดผง ซึ่งเพาะในโรงเรือนระบบปิดที่ตั้งอยู่ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ทำการตัดแต่งเอาเศษวัสดุเพาะออกเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกก่อนบรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมให้น้ำหนักประมาณ 200-220 กรัม หุ้มด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบกับเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผง การทดลองแบ่งเป็น 2 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำๆ ละ 1 ถาด ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Control)

ทรีตเมนต์ที่ 2 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียชนิดผง

เก็บรักษาเห็ดฟางในห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% เป็นเวลา 6 วัน
บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 7.1.1

7.2.2 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติม
แบคทีเรียชนิดผง ในวัสดุเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

หลังจากได้ผลทดสอบในข้อที่ 7.2.1 จึงนำแบคทีเรียชนิดผง ไปทดสอบในโรงเรือนเพาะเห็ดของ
เกษตรกร ในอำเภอกาฬสินธุ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เก็บเกี่ยวเห็ดฟางที่เพาะในวัสดุเพาะที่มีและไม่มีเติม
แบคทีเรียชนิดผง ทำการตัดแต่งเอาเศษวัสดุเพาะออกเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกก่อนบรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมให้มี
น้ำหนักประมาณ 200-220 กรัม หุ้มด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์เจาะรู 16 รูเข็ม และขนส่งมายัง
ห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว การทดลองแบ่งเป็น 2 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำๆ ละ 1
ถาด ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Control)

ทรีตเมนต์ที่ 2 เห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียชนิดผง

เก็บรักษาเห็ดฟางในห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% เป็นเวลา 6 วัน
บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 7.1.1

8. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตเห็ดฟางได้จากการทดลองในแต่ละครั้ง จะทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเพื่อ
เปรียบเทียบความคุ้มค่า ระหว่างการเพาะเห็ดฟางแบบเติมแบคทีเรีย และแบบไม่เติมแบคทีเรีย โดย
เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆ ในทุกขั้นตอนของการเพาะตั้งแต่เริ่มจนได้ผลผลิตสุดท้าย โดยเปรียบเทียบ
ต้นทุนค่าวัสดุเพาะ ค่าหัวเชื้อเห็ดฟาง อาหารเสริม ค่าแรง ต้นทุนผลิตภัณฑ์แบคทีเรีย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้
เลี้ยงหัวเชื้อแบคทีเรีย และรายจ่ายเบ็ดเตล็ด คิดเป็นราคาต้นทุนต่อพื้นที่เพาะเห็ด 1 ตารางเมตร และ
เปรียบเทียบผลผลิตเห็ดที่ได้เป็นกิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบกับราคาเห็ดที่ขายได้ต่อ
กิโลกรัม เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ใส่เชื้อแบคทีเรีย วิเคราะห์ต้นทุน-กำไร และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ผลการดำเนินงาน

1. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

ในการทดลองเพาะเชื้อครั้งที่ 1-7 ได้ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ตั้งต้นด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient agar พบว่าจำนวนเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ตั้งต้นในทุกครั้งของการทดลองจะอยู่ในช่วง 1.4×10^6 ถึง 2.27×10^7 ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 แสดงการตรวจนับจำนวนของเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	สถานที่	จำนวนเชื้อแบคทีเรียตั้งต้น 1 มล.
การทดลองครั้งที่ 1	บางเขน	6×10^6
การทดลองครั้งที่ 2	บางเขน	5.13×10^6
การทดลองครั้งที่ 3	บางเขน	5.13×10^6
การทดลองครั้งที่ 4	อยุธยา	3.43×10^6
การทดลองครั้งที่ 5	อยุธยา	1.4×10^6
การทดลองครั้งที่ 6	อยุธยา	2.27×10^7
การทดลองครั้งที่ 7	บางเขน	2.27×10^7

2. การเตรียมก้อนเชื้อของเห็ดฟาง

ก้อนเชื้อเห็ดฟางที่ใช้ในการวิจัย เป็นเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาทุกครั้ง ยกเว้นการทดลองเพาะครั้งที่ 3 ที่เป็นเห็ดฟางสายพันธุ์อุบล ลักษณะเส้นใยเห็ดมีสีขาว เจริญเต็มทั่วถุง ไม่มีเชื้อราอื่นปนเปื้อน

3. โรงเรือนทดสอบ การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดฟาง การฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียทดสอบบนวัสดุเพาะเห็ดฟาง และการใส่หัวเชื้อเห็ดฟาง

โรงเรือนทดสอบ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ตั้งอยู่ 2 สถานที่ คือ

- โรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด ตั้งอยู่ที่บริเวณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เริ่มก่อสร้างและติดตั้งระบบ ช่วงเดือนสิงหาคม และแล้วเสร็จประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน 2558

ลักษณะของโรงเรือนทดสอบระบบปิด มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 6x4 เมตร สูงประมาณ 2.5 เมตร ตัวโรงเรือนสร้างขึ้นภายในอาคารและหลังคาปูด้วยผ้า พื้นเป็นพื้นปูนผนังก่อขึ้นด้วยอิฐบล็อก และอิฐมวลเบา 2 ชั้นซึ่งแต่ละชั้น มีช่องว่างห่างกัน 1 นิ้ว เพื่อเป็นฉนวนความร้อนและช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน มีประตูทางเข้า-ออก 1 ด้าน

ในโรงเรือนประกอบด้วย

- ชั้นเพาะเห็ด จำนวน 2 แถว แถวละ 4 ชั้น ขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 4 เมตร (แต่ละชั้นมีพื้นที่ 4 ตารางเมตร) ทำจากเหล็กและปูด้วยตะแกรงเหล็กเพื่อรองรับวัสดุเพาะ ชั้นล่างสุดอยู่ห่างจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร แต่ละชั้นมีความสูงห่างกันประมาณ 60 เซนติเมตร ตั้งห่างจากฝาผนังโรงเรือนโดยรอบประมาณ 80 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 ลักษณะของชั้นเพาะเห็ด ทำจากเหล็กและปูด้วยตะแกรงเหล็กขนาด 1x4 เมตร จำนวน 2 แถว แถวละ 4 ชั้น

- เครื่อง evaporator ทำงานโดยการ ใช้น้ำเย็น ในถังสีน้ำเงินด้านล่าง ลำเลียงไปไหลลงบนรังผึ้ง ด้านข้างของ air compressor cooler ด้านบน แล้วจึงเป่าลมเย็นออกมา



ภาพที่ 2 เครื่อง evaporator

- เครื่องพ่นหมอก ทำงานโดยการพ่นไอน้ำออกมาจากด้านบนของเครื่อง



ภาพที่ 3 เครื่องพ่นหมอก

- พัดลมดูดอากาศ ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดมีทั้งหมด 4 ตัว ประกอบไปด้วย พัดลมดูดเข้า 2 ตัว พัดลมดูดออก 2 ตัว ทุกตัวปิดด้วยตะแกรงลวดเพื่อป้องกันแมลงเข้าไปในโรงเพาะเห็ด



ภาพที่ 4 พัดลมดูดอากาศ

- หม้อน้ำไอน้ำ ทำงานโดยการต่อท่อน้ำเข้าหม้อนึ่ง แล้วใช้ไฟจากเตาแก๊ส ให้ความร้อนจากด้านล่างของหม้อนึ่ง เมื่อน้ำภายในหม้อนึ่งเดือด ไอน้ำจะลากล่องไปตามท่อเหล็กซึ่งต่อเชื่อมเข้าไปภายในโรงเพาะเห็ด



ภาพที่ 5 หม้อน้ำไอน้ำ วงกลมสีแดงแสดงถึงการวางท่อส่งไอน้ำจากด้านนอกโรงเพาะเห็ด เข้าไปในโรงเพาะเห็ด

- โรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ตั้งอยู่ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แต่ละโรงเรือนมีชั้นเพาะเห็ด จำนวน 3 แถว แต่ละแถวมี 4 ชั้น ซึ่ง 1 ชั้นมีพื้นที่ 4 ตารางเมตร

ลักษณะของโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 5.8 x 6.8 เมตร สูงประมาณ 3.5 เมตร ตัวโรงเรือนและหลังคามุงด้วยหญ้าทั้งหมด พื้นเป็นพื้นดิน ภายในบุด้วยแผ่นพลาสติกทึบความร้อนทุกด้าน รวมทั้งหลังคาของโรงเรือน เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน มีประตูทางเข้า-ออก สองด้าน ด้านละ 2 ประตู ใน 1 โรงเรือน ประกอบด้วยชั้นเพาะเห็ด จำนวน 3 แถว แถวละ 4 ชั้น ขนาดประมาณ 80 เซนติเมตร x 6 เมตร (แต่ละชั้นมีพื้นที่ 4.8 ตารางเมตร) ทำจากไม้และปูด้วยตาข่ายเพื่อรองรับวัสดุเพาะ ชั้นล่างสุดอยู่ห่างจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร แต่ละชั้นมีความสูงห่างกันประมาณ 60 เซนติเมตร ตั้งห่างจากฝาผนังโรงเรือนโดยรอบประมาณ 80 เซนติเมตร ส่วนการอบไอน้ำโรงเรือนทดสอบหลังจากนำวัสดุเพาะที่เตรียมไว้ นำมาขึ้นชั้นเพาะและหมักทิ้งไว้ในโรงเรือนเป็นเวลา 1 คืนเรียบร้อยแล้ว เกษตรกรจะทำการอบไอน้ำเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ภายในโรงเรือนและวัสดุเพาะ ที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยแหล่งกำเนิดความร้อน ใช้ถังขนาด 200 ลิตร มีฝาเปิดด้านข้าง นำมาวางในแนวนอน หันด้านที่เปิดฝาขึ้น สำหรับเติมน้ำ ต่อท่อเหล็กฝาเกลียวเข้ากับฝาดัง แล้วนำสายยางต่อจากท่อเหล็กยื่นเข้าไปที่โรงเรือน แหล่งพลังงานความร้อนใช้ไฟในการต้มน้ำในถังให้เดือด ไอน้ำจะออกจากท่อเหล็กและสายยางผ่านเข้าสู่โรงเรือน



ภาพที่ 6,7 ลักษณะของโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร

การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดฟาง เมื่อเตรียมวัสดุเพาะเห็ดฟางแล้ว นำขึ้นจัดวางบนชั้นเพาะเห็ดในโรงเรือน ดังนี้

1. นำฟิวเจอร์บอร์ดวางกันช่อง เพื่อแบ่งทริตเมนต์การทดลอง โดยทำการจัดแบ่งช่อง ดังนี้
โรงเรือนระบบปิด ที่ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน เนื่องจากพื้นที่ขนาดชั้นเพาะของ มีขนาด 1x4 เมตร ทำให้เมื่อกั้นแบ่งด้วยฟิวเจอร์บอร์ด จะแบ่งช่องได้ 4 ช่อง แต่ละช่องมีขนาด 1x1 เมตร ซึ่งในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 1-3 ใน 4 ช่องนี้ ถูกแบ่งเป็นฉีดแบคทีเรีย 3 ช่อง และเป็น control ที่ไม่ต้องฉีดแบคทีเรีย 1 ช่อง โดยการสุ่มเลือก โดยส่วนที่ฉีดแบคทีเรียจะฉีดแบคทีเรียทดสอบ 250 มล. ต่อช่อง
 ส่วนการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 7, 10 และ 13 ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนให้ส่วนของช่องที่ฉีดแบคทีเรียและ control ที่ไม่ฉีดแบคทีเรียมีสัดส่วนเท่ากันคือ 1:1 คือแต่ละช่องมีขนาด 1x2 เมตร โดยส่วนที่ฉีดแบคทีเรียจะฉีดแบคทีเรียทดสอบ 500 มล. ต่อช่อง
โรงเรือนเพาะเห็ดฟางของเกษตรกร ที่จ.พระนครศรีอยุธยา พื้นที่ชั้นเพาะ มีขนาด 0.8x6 เมตร ทำให้เมื่อกั้นแบ่งด้วยฟิวเจอร์บอร์ด จะแบ่งได้ 6 ช่อง ขนาดแต่ละช่อง คือ 0.8x1 เมตร ซึ่งในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 4 และ 5 ใน 6 ช่องนี้ แบ่งเป็นฉีดแบคทีเรีย 3 ช่อง และเป็น control ที่ไม่ต้องฉีดแบคทีเรีย 3 ช่อง โดยการสุ่มเลือก โดยส่วนที่ฉีดแบคทีเรียจะฉีดแบคทีเรียทดสอบ 200 มล. ต่อช่อง
 ส่วนการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 6, 8, 9, 11, 12 และ 14 ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนให้ส่วนของช่องที่ฉีดแบคทีเรียและ control ที่ไม่ฉีดแบคทีเรียมีสัดส่วนเป็น 1:1 คือแต่ละช่องมีขนาด 0.8x3 เมตร โดยส่วนที่ฉีดแบคทีเรียจะฉีดแบคทีเรียทดสอบ 600 มล. ต่อช่อง
2. แล้วนำฟางข้าวไปจัดเรียงบนชั้นเพาะเห็ด โดยเรียงฟางให้มีความสูงประมาณ 3 นิ้ว เมื่อเรียงฟางครบทุกชั้นแล้ว ให้รดน้ำลงบนฟางให้ชุ่มมากที่สุด ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
3. นำวัสดุเพาะเห็ดฟาง (ปุ๋ยหมัก) ที่ทำไว้ มาเกลี่ยบนฟางข้าวให้มีความหนาประมาณ 2 นิ้ว

4. อบไอน้ำในโรงเพาะเห็ด เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิภายในห้องอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 3 ชั่วโมง
 5. นำเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้ มาฉีดยาลงบนวัสดุเพาะเห็ดปริมาณตามที่ระบุในข้อ 1. ก่อนที่จะใส่เชื้อเห็ดฟาง โดย control คือการเพาะแบบปกติโดยไม่เติมแบคทีเรีย
โดยการใส่แบคทีเรียได้ทำในสองรูปแบบคือ
 - 5.1 ใส่ในรูปของเชื้อแบคทีเรียที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ตามวิธีการเตรียมเชื้อในข้อ 1. วิธีนี้ทำในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 1-7
 - 5.2 ใส่แบคทีเรียในรูปผง ตามวิธีการเตรียมเชื้อในข้อ 6. วิธีนี้ทำในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 8-14
 6. นำก้อนหัวเชื้อเห็ดฟางมาฉีกให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่หัวเชื้อเห็ดฟางบนชั้นเพาะเห็ด ชั้นละ 5 ก้อน โดยใส่หัวเชื้อเห็ดฟางในแต่ละช่องให้เท่าๆ กัน
- หมายเหตุ : กรรมวิธีในการเตรียมวัสดุเพาะเห็ดฟางของโรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และโรงเรือนของเกษตรกรที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ใช้กรรมวิธีเดียวกัน

4. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด ก่อนเก็บผลผลิต

ในระหว่างการทดลองเพาะเห็ด ในช่วง 2 วันแรกหลังใส่หัวเชื้อเห็ดฟาง ได้ควบคุมให้อุณหภูมิภายในโรงเพาะให้อยู่ที่ 32-33 องศาเซลเซียส จะทำให้เส้นใยเห็ดฟางเจริญได้ดี เมื่อเส้นใยเห็ดฟางมีลักษณะฟูเต็มชั้นเพาะเห็ด ได้ทำการตัดเส้นใย โดยการใช้หัวโซยเบอร์ 0 พ่นละอองน้ำลงบนชั้นเพาะเห็ดเพื่อให้เส้นใยเห็ดฟางที่ฟู จับตัวกันเป็นการกระตุ้นให้เส้นใยเห็ดฟางสร้างตุ่มดอก หลังจากตัดเส้นใยเห็ดฟาง ได้ทำการเปิดพัดลมระบายอากาศภายในโรงเพาะเห็ด เพื่อลดอุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ที่ 28-29 องศาเซลเซียส ซึ่งตุ่มดอกจะขึ้นภายใน 2-3 วัน เมื่อตุ่มดอกเริ่มขึ้นบนชั้นเพาะเห็ดแล้ว ได้ควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 29 องศาเซลเซียส และให้ความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดไม่ต่ำกว่า 80%

5. การพัฒนาแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 เป็นผลิตภัณฑ์แห้ง

ผงแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เตรียมได้ เก็บใส่ถุงพลาสติกใส ปิดปากถุงพลาสติก และนำไปตรวจนับเซลล์แบคทีเรียเริ่มต้น เพื่อนับเซลล์มีชีวิต โดยวิธี dilution plate technique บนอาหาร NA ผลการทดลองพบว่าในผง 1 กรัม มีแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 อยู่ในช่วง 9.5×10^6 ถึง 1.7×10^8 CFU ดังตาราง

ตารางที่ 2 แสดงการตรวจนับจำนวนของเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ในผงแห้ง 1 กรัม

ลำดับที่	สถานที่	ตั้งต้นผลิตภัณฑ์ผง แบคทีเรีย (CFU/1g)
การทดลองครั้งที่ 8	อยุธยา	1.7×10^8
การทดลองครั้งที่ 9	อยุธยา	1.7×10^8
การทดลองครั้งที่ 10	บางเขน	1.7×10^8
การทดลองครั้งที่ 11	อยุธยา	1.7×10^8
การทดลองครั้งที่ 12	อยุธยา	1.7×10^8
การทดลองครั้งที่ 13	บางเขน	9.5×10^6
การทดลองครั้งที่ 14	อยุธยา	9.5×10^6

6. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 จากผลิตภัณฑ์แห้ง

นำผลิตภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 แบบผงแห้งที่ได้จากข้อ 5. ปริมาณ 14 กรัม ใส่ในนมถั่วเหลือง 1 กล่อง (250 มล.) บ่มทิ้งไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ ผสมน้ำ 250 มล. และนำไปฉีดพ่นลงบนวัสดุเพาะเห็ดก่อนการลงเชื้อเห็ดฟาง (ทำในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 8-14)

แสดงการตรวจนับจำนวนของเชื้อแบคทีเรียทดสอบตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	สถานที่	ตั้งต้นผลิตภัณฑ์ผง แบคทีเรีย (CFU/14g)	ในนมถั่วเหลือง 250 ml (CFU/250ml)
การทดลองครั้งที่ 8	อยุธยา	2.4×10^9	1.15×10^{10}
การทดลองครั้งที่ 9	อยุธยา	2.4×10^9	1.15×10^{10}
การทดลองครั้งที่ 10	บางเขน	2.4×10^9	2.55×10^9
การทดลองครั้งที่ 11	อยุธยา	2.4×10^9	1.9×10^{10}
การทดลองครั้งที่ 12	อยุธยา	2.4×10^9	1.9×10^{10}
การทดลองครั้งที่ 13	บางเขน	9.5×10^6	8×10^9
การทดลองครั้งที่ 14	อยุธยา	9.5×10^6	4.25×10^{10}

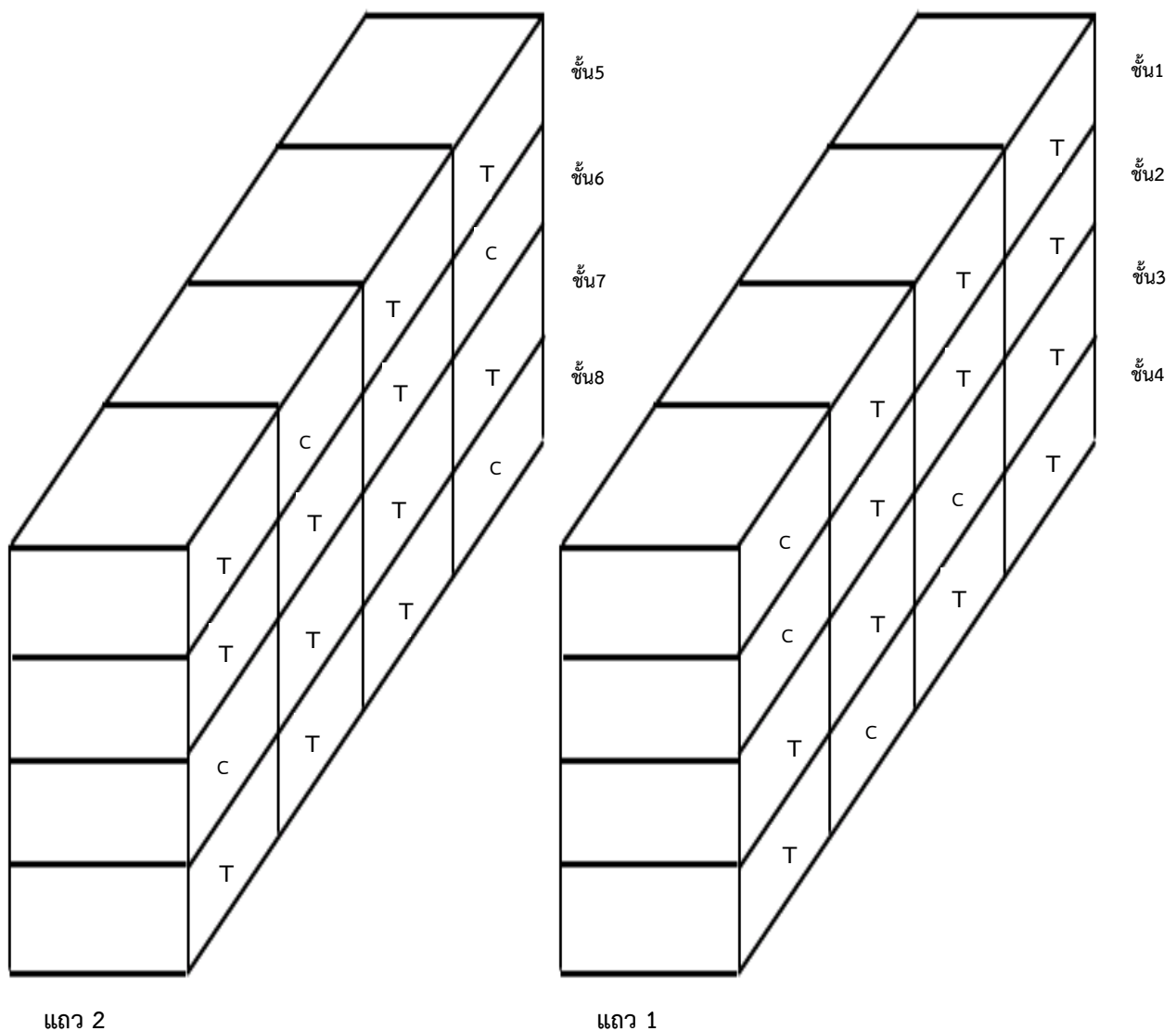
ผลการทดลองเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ในการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนทั้งสองแบบรวมทั้งสิ้น 14 ครั้ง ซึ่งแบ่งเป็น การเพาะในโรงเรือนระบบปิด ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 6 ครั้ง และ ในโรงเรือนของเกษตรกร ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 8 ครั้ง ดังนี้

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 1 (ระหว่างวันที่ 30 พฤศจิกายน – 13 ธันวาคม 2558)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ที่ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับ
จำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 6×10^6 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด
ทรีตเมนต์ละ 250 มล. ตามช่องที่ได้สู่ผลการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 8 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 1

T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SigmaPlot ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต พบว่าผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์อูยูยา ที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรียซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม (control) มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.74 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีผลผลิตมากกว่าการฉีดพ่นด้วยแบคทีเรีย ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.56 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในการทดลองครั้งนี้พบว่า พัดลมดูดอากาศที่ติดตั้งเพื่อระบายอากาศในโรงเรือน มีทิศทางลมเป่าเข้าหาวัสดุเพาะโดยตรงส่งผลให้วัสดุเพาะในช่องการทดลองที่ถูกลมเป่านั้นแห้งกว่าช่องการทดลองอื่นๆ และมีการปนเปื้อนจากเชื้อราอื่น ประกอบกับมีแมลงวันเข้ามาในโรงเพาะเห็ด เนื่องจากบริเวณด้านข้างนั้นติดกับโรงอาหารของคณะวิทยาศาสตร์ ขณะเปิดประตูเข้า-ออกโรงเพาะเห็ดจึงมีแมลงวันเล็ดลอดเข้ามา ซึ่งแมลงวันนี้เป็นพาหะในการกระจายเชื้อราปนเปื้อนในโรงเพาะเห็ดอีกด้วย (ดังแสดงในภาพที่ 9) โดยส่วนที่เกิดการปนเปื้อนเป็นส่วนแรก คือ ส่วนของการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (Control)



ภาพที่ 9 ลักษณะของราปนเปื้อน ซึ่งมีสาเหตุจากแมลงวันในโรงเพาะเห็ด

โรงเรือน พบว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนมีความคงที่ ที่ 31-32 องศาเซลเซียส และความชื้นมีความคงที่ ที่ 82-86% ตลอดการทดลอง ถ้าสภาวะภายในโรงเรือนเริ่มไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ด เช่นความชื้นเริ่มลดน้อยลง สามารถรักษาความชื้นภายในโรงเรือนได้จากการเปิดเครื่องพ่นหมอก แต่ในการทดลองครั้งแรกนี้พบว่าเกิดปัญหากับวัสดุเพาะที่อยู่ใกล้บริเวณเครื่องพ่นหมอก ซึ่งได้รับละอองน้ำมากเกินไป จึงค่อนข้างแฉะเนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีไอน้ำหนาแน่น (ดังแสดงในภาพที่ 10) และวัสดุเพาะบริเวณท้ายห้องและบริเวณพัดลมดูดอากาศกลับแห้งเกินไป เนื่องมาจากความแรงของลมที่เป่าเข้าและดูดออก ซึ่งได้แก้ไขปัญหานี้ในการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 2

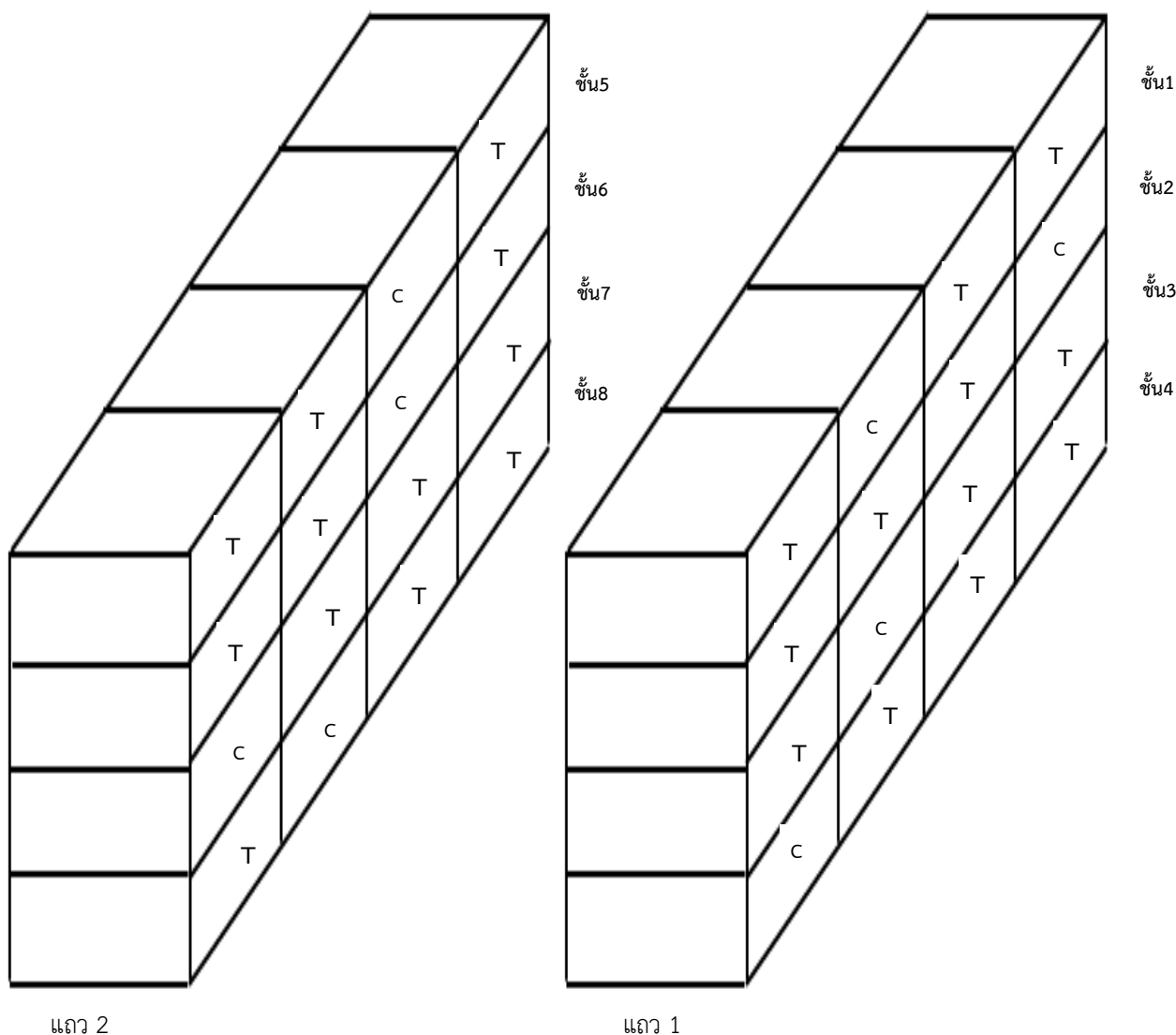


ภาพที่ 10 ตำแหน่งของเครื่องพ่นหมอกภายในโรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ บางเขน

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 2 (ระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ – 1 มีนาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ที่ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 5.13×10^6 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 250 มล. ตามช่องที่ได้สูมการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 2
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตเห็ดฟางที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SigmaPlot ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต พบว่าผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรียมีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย 2.13 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร มากกว่าดอกเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.03 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

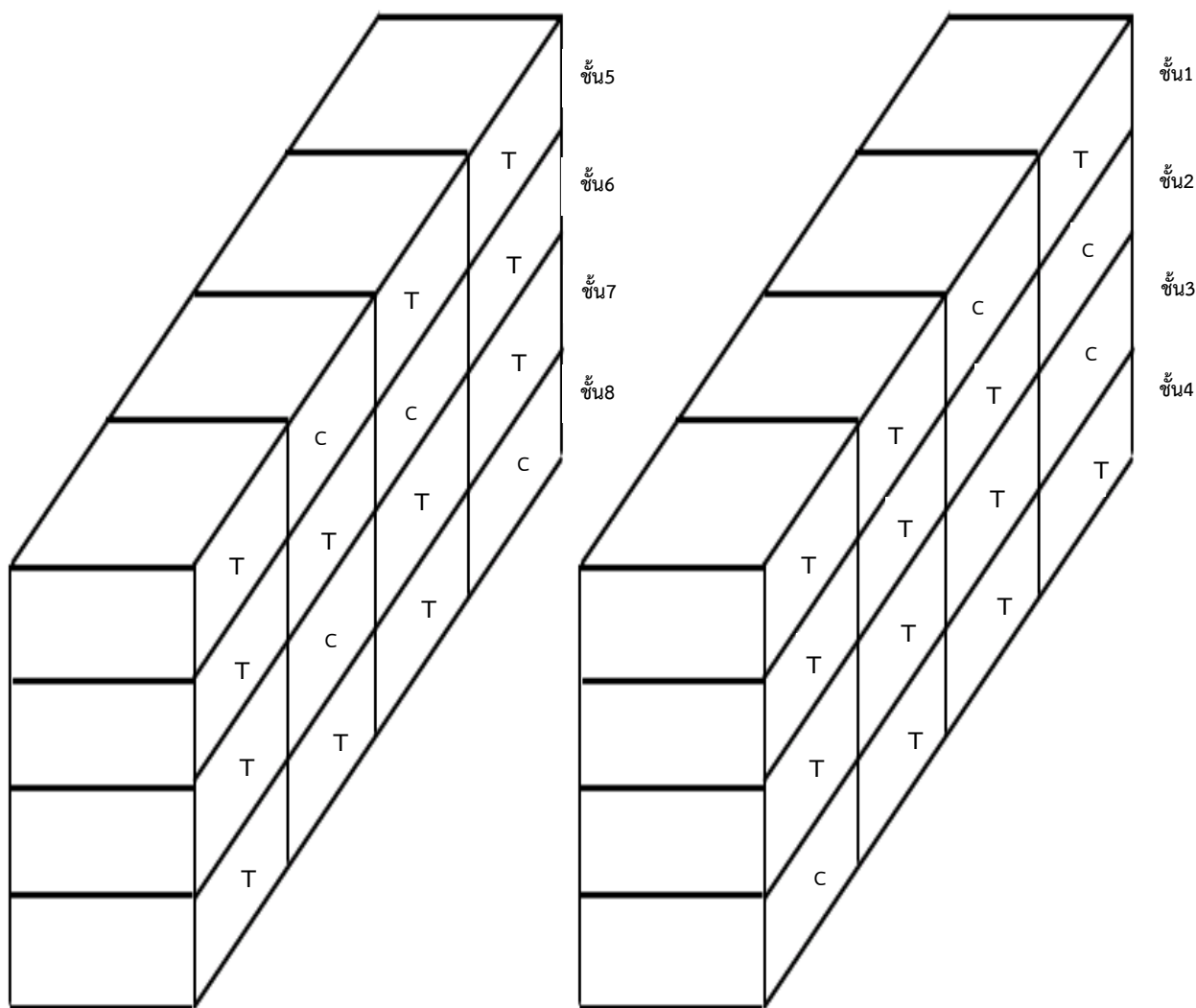
โรงเรือน ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้ได้ปรับปรุงลักษณะของพัดลมระบายอากาศ โดย ลดขนาดของช่องดูดอากาศเข้า ทำให้ลมที่ถูกดูดเข้ามาในโรงเพาะเห็ดไม่มีผลต่อวัสดุเพาะ ไม่ทำให้วัสดุเพาะแห้งเกินไปและปรับตั้งค่าการทำงานของพัดลมระบายอากาศ ให้ทำงานทุก 3 ชั่วโมง ครั้งละ 10 นาที ซึ่งพบว่าสามารถรักษาระดับความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดได้ และมีส่วนช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเพาะเห็ดให้อุณหภูมิในโรงเรือนมีความคงที่ ที่ 31-32 องศาเซลเซียส และความชื้นมีความคงที่ ที่ 82-86% ตลอดการทดลอง และตลอดการทดลอง ไม่พบเชื้อราปนเปื้อนใดๆ แต่ประสบปัญหาท่อกรองเส้นเซอร์ที่อยู่ในโรงเรือนเสียหายเนื่องจากได้รับความร้อนมาก และนานเกินไปจากการอบฆ่าเชื้อภายในโรงเพาะเห็ด จึงต้องดำเนินการแก้ไขเปลี่ยนเส้นเซอร์ใหม่ และย้ายท่อกรองวงจรของเส้นเซอร์ออกไปด้านนอกของโรงเพาะเห็ด

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 3 (ระหว่างวันที่ 30 เมษายน – 16 พฤษภาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ที่ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ในการทดลองครั้งที่ 3 ได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการเตรียมวัสดุเพาะก่อนขึ้นชั้นเพาะ โดยการทดลองในรอบนี้ได้มีการนำฟางข้าว แฉ่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำขึ้นชั้นเพาะเห็ด เพื่อให้ฟางข้าวสามารถเก็บความชื้นระหว่างการทดลองได้มากขึ้น ซึ่งในรอบนี้ ใช้ฟางข้าวเพียง 5.5 ก้อน ซึ่งน้อยกว่ารอบที่ 1 และ 2 ซึ่งใช้ฟางข้าว 8.5 ก้อน และได้มีการเปลี่ยนมาใช้หัวเชื้อเห็ดฟางสายพันธุ์อุบลแทนสายพันธุ์อยุธยา เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ เมื่อทำการอบฆ่าเชื้อวัสดุเพาะเห็ดและโรงเพาะเห็ดแล้ว ตอนแรกทำการลงเชื้อเห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยา แต่ปรากฏว่าเมื่อบ่มเชื้อให้เดินเส้นใย พบการปนเปื้อนจากราสีขาวฟูจำนวนมาก ทำให้ต้องทำการอบฆ่าเชื้อโรงเพาะเห็ดและวัสดุเพาะใหม่ ซึ่งเหตุผลที่พบการปนเปื้อนเนื่องจากมีแมลงวันเข้าไปในโรงเพาะเห็ด ผู้วิจัยจึงรีบดำเนินการจัดหาหัวเชื้อเห็ดมาลงใหม่ และได้สายพันธุ์อุบลมาแทน

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 5.13×10^6 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 250 มล. ตามช่องที่ได้สุ่มการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 12



แถว 2

แถว 1

ภาพที่ 12 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 3
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

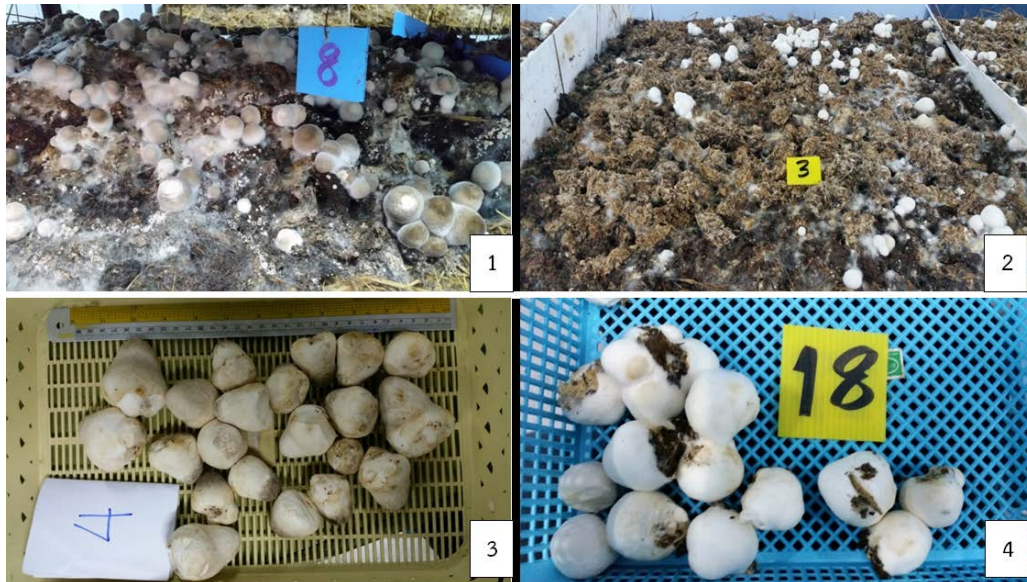
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SigmaPlot ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ ทรีตเมนต์

ผลผลิต พบว่าผลผลิตเห็ดฟางสายพันธุ์อุบล ที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรียซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม (control) มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีผลผลิตมากกว่าที่มีการฉีดพ่นด้วยแบคทีเรีย ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.90 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า การที่ทำให้วัสดุเพาะขึ้นมากเกินไปโดยการนำฟางไปแช่ก่อนนำขึ้นชั้นเพาะ ไม่เป็นผลดีต่อการเดินเส้นใยของเห็ดฟาง ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจะไม่แช่ฟางก่อนนำขึ้นชั้นเพาะ

โรงเรือน อุณหภูมิในโรงเรือนมีความคงที่ ที่ 31-32 องศาเซลเซียส และความชื้นภายในโรงเรือนมีความคงที่ ที่ 82-86% ตลอดการทดลอง

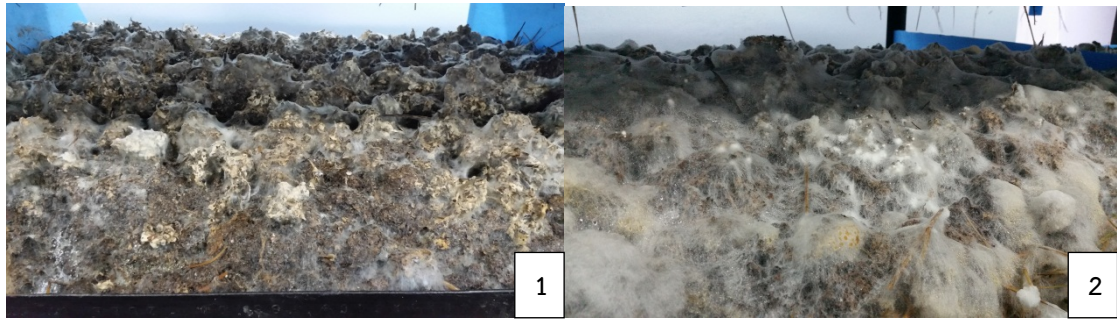
ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาและสายพันธุ์อุบล

ดอกเห็ดสายพันธุ์อุบล มีลักษณะนวล ขาว และดอกแน่นกว่าดอกเห็ดสายพันธุ์ยูธยา

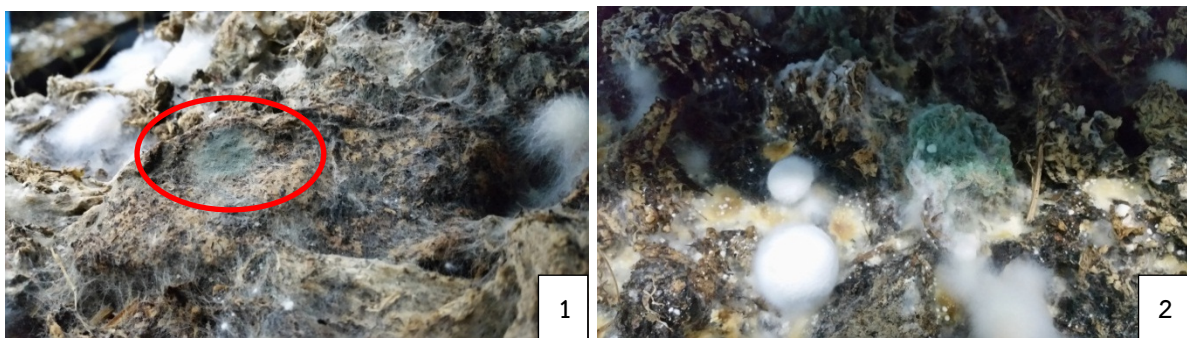


ภาพที่ 13 เปรียบเทียบลักษณะดอกเห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยา (1,3) และลักษณะดอกเห็ดฟางสายพันธุ์อุบล (2,4)

ในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 3 นี้ หลังจากใส่หัวเชื้อเห็ดฟางสายพันธุ์อุบล เส้นใยของเห็ดไม่มีลักษณะฟูขาว ชี้ให้เห็นถึงอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดที่น้อยกว่าสายพันธุ์ยูธยา (ดังแสดงในภาพที่ 14) ซึ่งสาเหตุที่เส้นใยเห็ดสายพันธุ์อุบลมีการเดินเส้นใยน้อย ไม่ฟู อาจเนื่องมาจากวัสดุเพาะในรอบนี้มีความชื้นมากกว่าปกติ เนื่องจากผู้วิจัยได้มีการนำฟางข้าว แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำขึ้นชั้นเพาะเห็ด ซึ่งเมื่อสอบถามเกษตรกรที่เคยใช้หัวเชื้อเห็ดฟางสายพันธุ์อุบล พบว่าธรรมชาติของเห็ดสายพันธุ์อุบล ไม่ชอบความชื้นในวัสดุเพาะที่มากเกินไป



ภาพที่ 14 เส้นใยเห็ดสายพันธุ์อุบลหลังจากใส่หัวเชื้อเป็นเวลา 5 วัน (1) และเส้นใยเห็ดสายพันธุ์อุรุธยาหลังจากใส่หัวเชื้อเป็นเวลา 5 วัน (2)

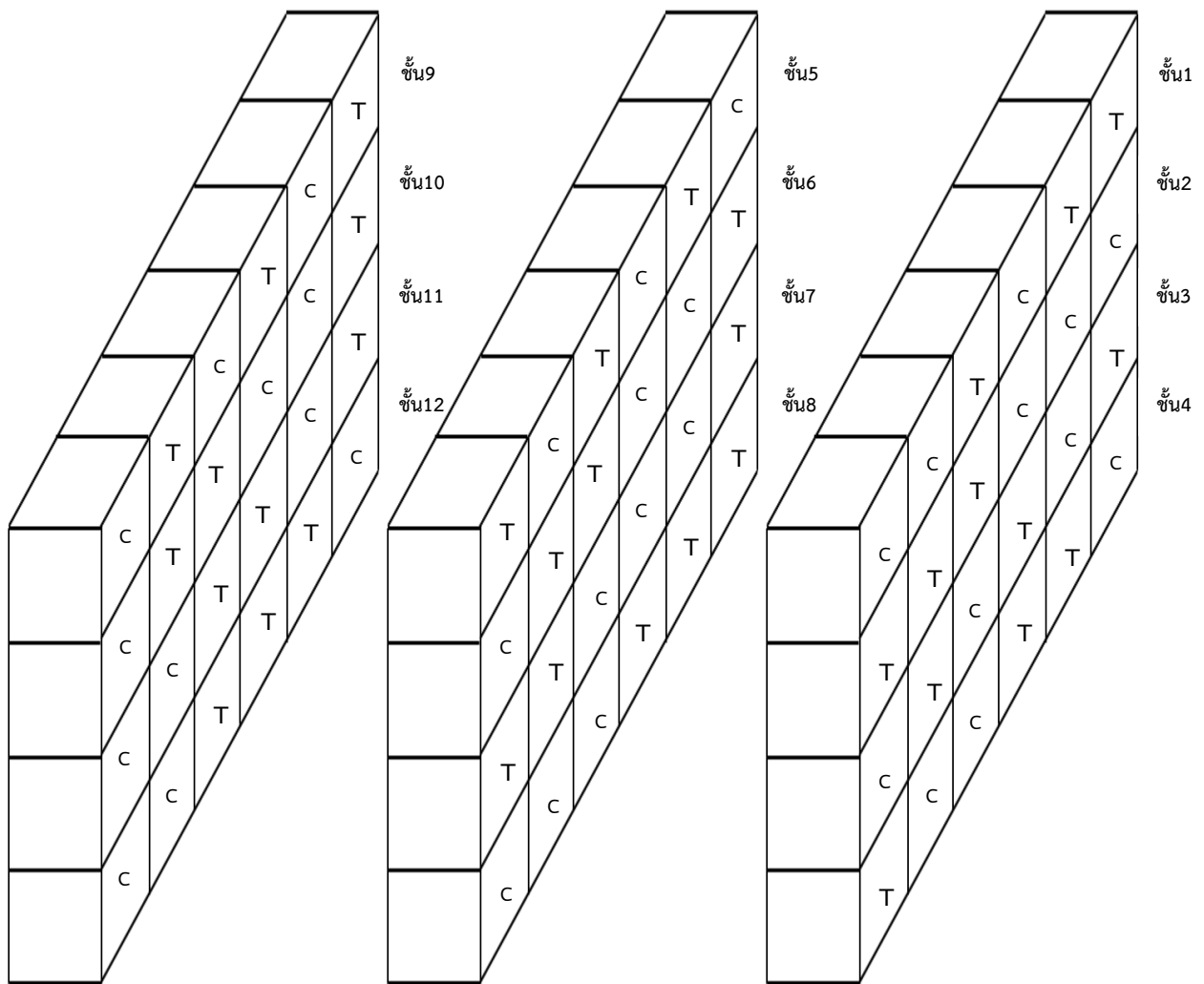


ภาพที่ 15 เชื้อราปนเปื้อนบนชั้นเพาะเห็ดฟาง วันที่สองหลังจากเก็บดอกเห็ดฟางชุดแรก พบเชื้อราปนเปื้อนบนวัสดุเพาะเห็ดฟางในส่วนที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (control) (1) และลักษณะของเชื้อราปนเปื้อนเมื่อผ่านไป 5 วัน (2)

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 4 (ระหว่างวันที่ 17 - 23 พฤษภาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 3.43×10^6 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทริตเมนต์ละ 200 มล. ตามช่องที่ได้สูมการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 4
 T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 0.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.88 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และเมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแล้ว พบว่าการทดลองในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในระหว่างการทดสอบในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร ไม่พบเชื้อราเขียว แต่พบเห็ดน้ำหมึก (*Corprinus* sp.) ปริมาณมาก สอบถามเกษตรกรเบื้องต้นทราบว่า ช่วงเวลาที่ทดลอง คือกลางเดือนพฤษภาคม อากาศในโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งตำแหน่งชั้นเพาะบนสุดซึ่งอยู่ติดกับหลังคา มีอุณหภูมิเกือบ 50 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องเปิดประตูเพื่อระบายอุณหภูมิภายในโรงเรือนเป็นเวลานาน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ สปอร์ของเห็ดน้ำหมึกบริเวณรอบๆ โรงเพาะเห็ด เข้าไปปนเปื้อนในโรงเพาะเห็ดได้ (ดังแสดงในภาพที่ 17)



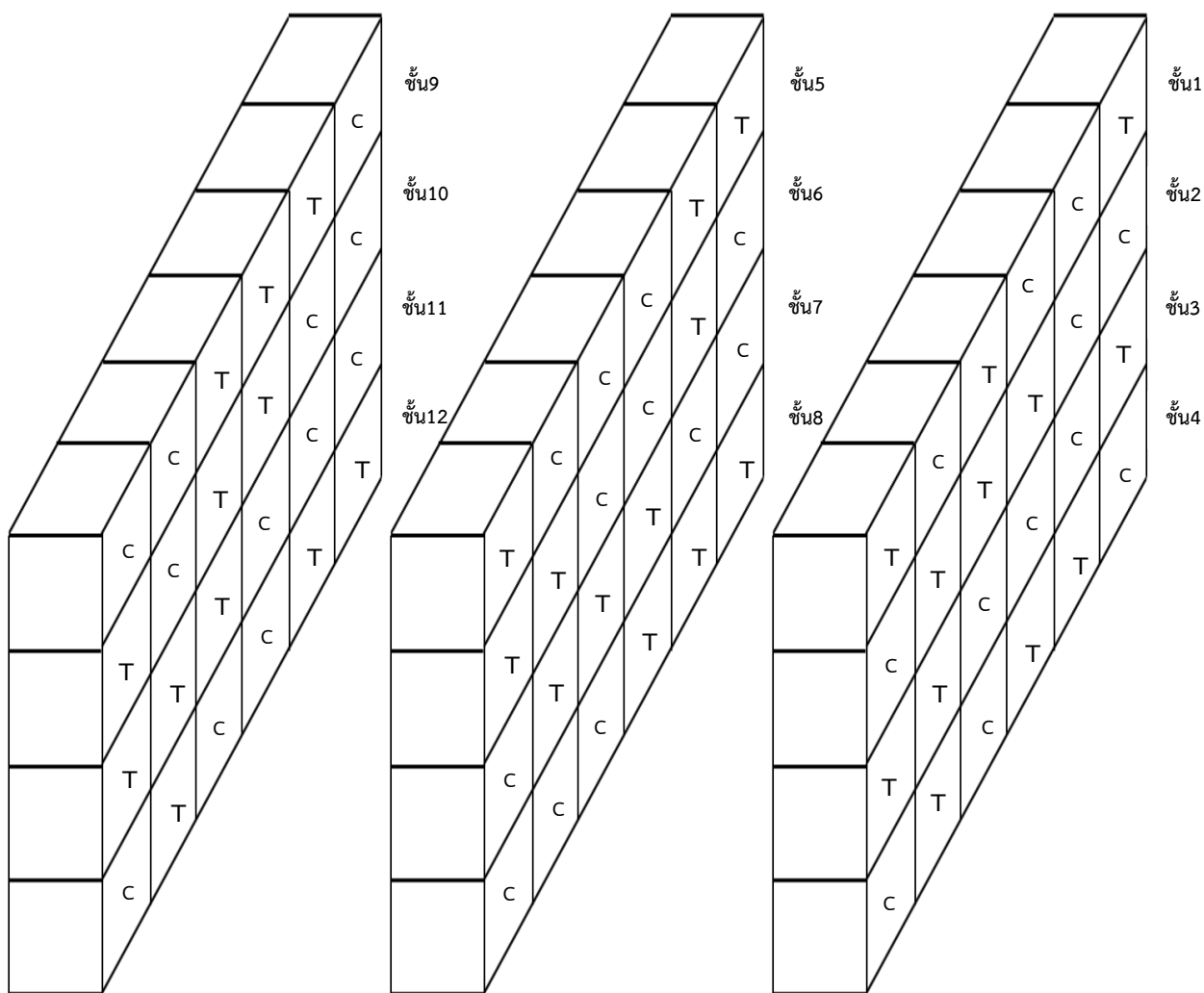
ภาพที่ 17 ลักษณะเห็ดน้ำหมึก (*Corprinus* sp.) บนชั้นเพาะเห็ด ที่โรงเพาะเห็ดเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 4

หมายเหตุ เห็ดน้ำหมึก เป็นเห็ดที่ชอบขึ้นบนมูลสัตว์ ซากพืช มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ การหมักฟางไม่ได้ที่มีก๊าซแอมโมเนียหลงเหลืออยู่ ภายในปุ๋ยหมักร้อนเกินไป ขั้นตอนผสมสูตรอาหารอาจใส่อาหารเสริมมากเกินไป หรือในโรงเรือนไม่มีการระบายอากาศ จะทำให้เกิดเห็ดน้ำหมึกได้ จัดเป็นวัชเห็ด เห็ดนี้สามารถย่อยสลายตัวเองได้ เห็นเป็นน้ำสีดำคล้ายหมึกจึงเรียกเห็ดน้ำหมึก

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 5 (ระหว่างวันที่ 5 - 12 สิงหาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 9.48×10^5 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ตรีตเมนต์ละ 200 มล. ตามช่องที่ได้สูมการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของ
เกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 5
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

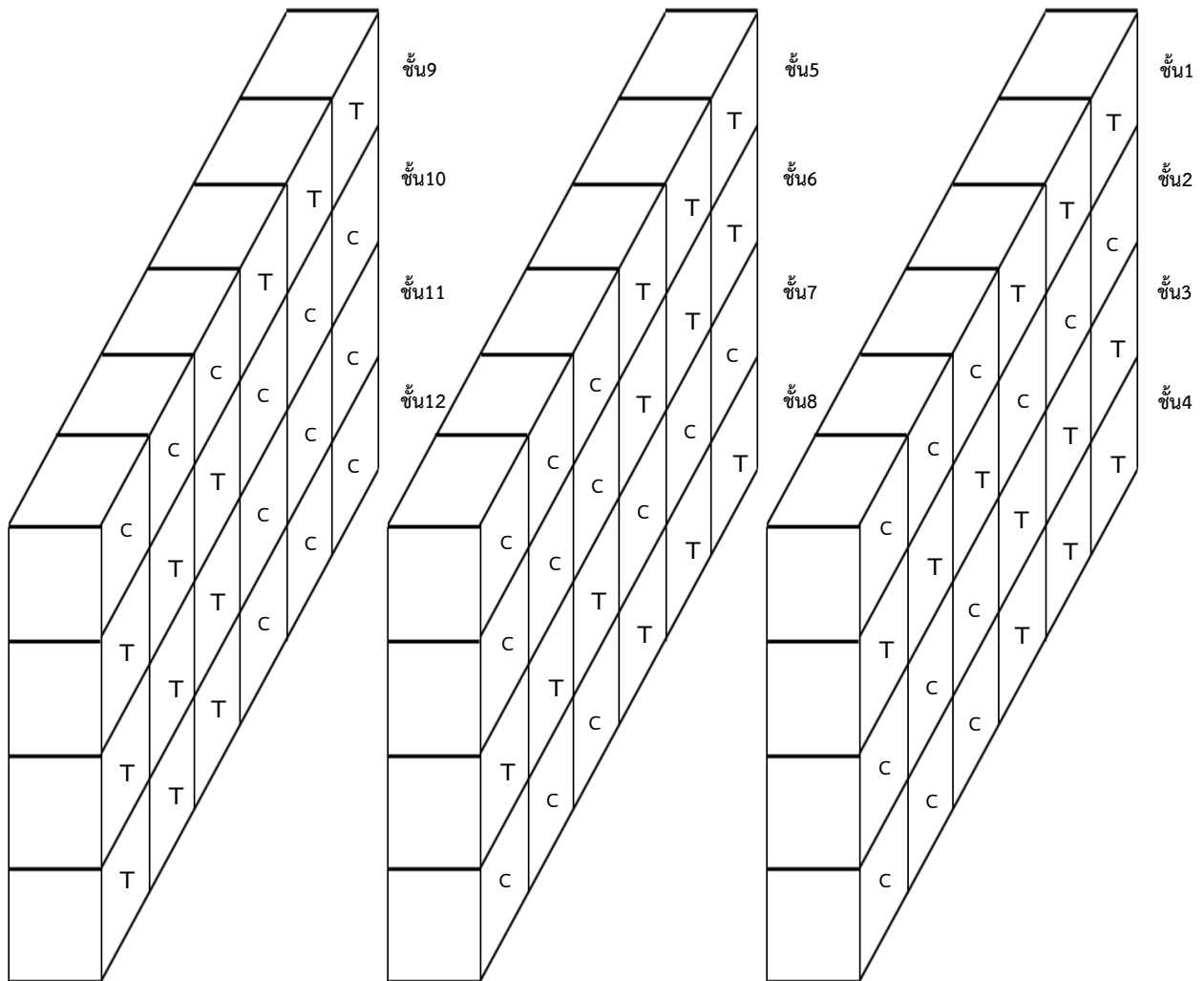
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มา
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ
Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มี
น้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 2.01 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย
(control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่
ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 6 (ระหว่างวันที่ 14 - 22 สิงหาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 2.27×10^6 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 600 มล. (ในแต่ละชั้นแบ่งเป็น 2 ทรีตเมนต์ คือ ฉีดและไม่ฉีดแบคทีเรีย) ตามช่องที่ได้สูมการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 6

T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

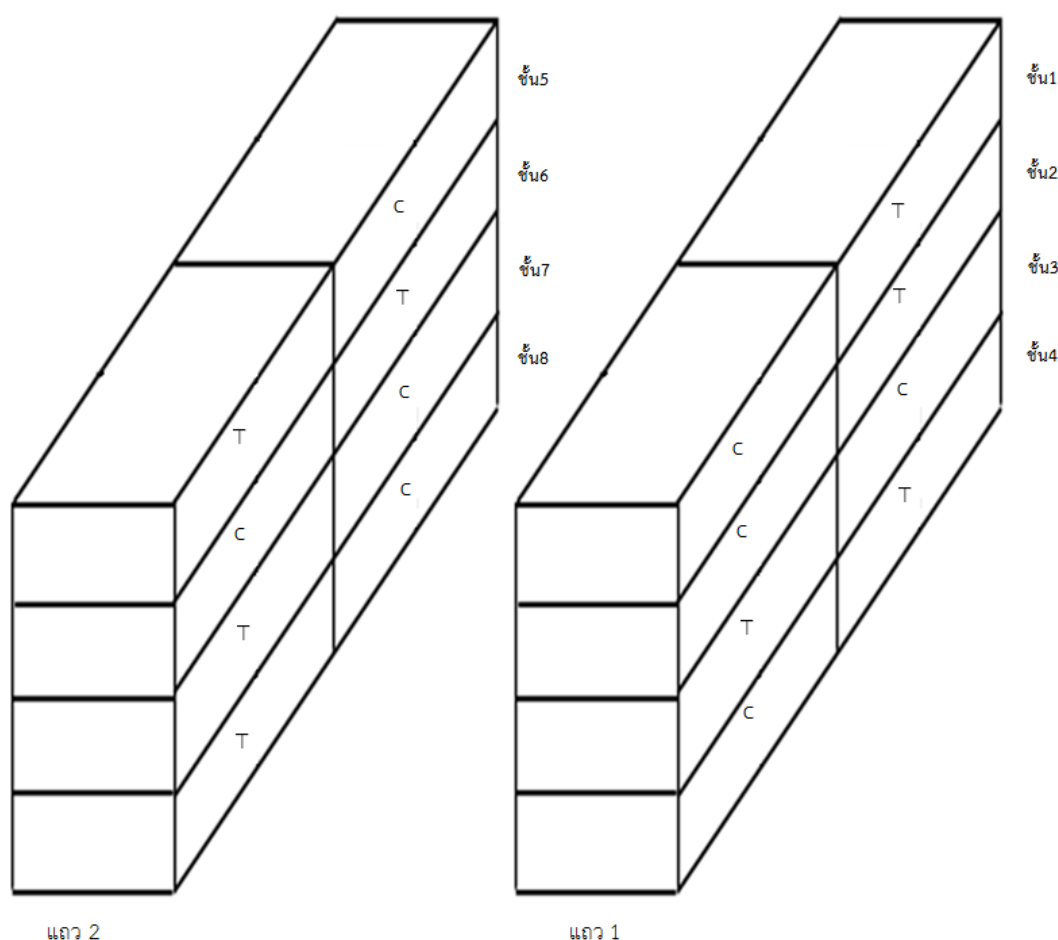
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 2.32 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.74 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 7 (ระหว่างวันที่ 17 - 25 สิงหาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ที่ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่เลี้ยงอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย 2.27×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในอาหาร NB นี้มาฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 500 มล. ตามช่องที่ได้สู่ผลการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 7
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

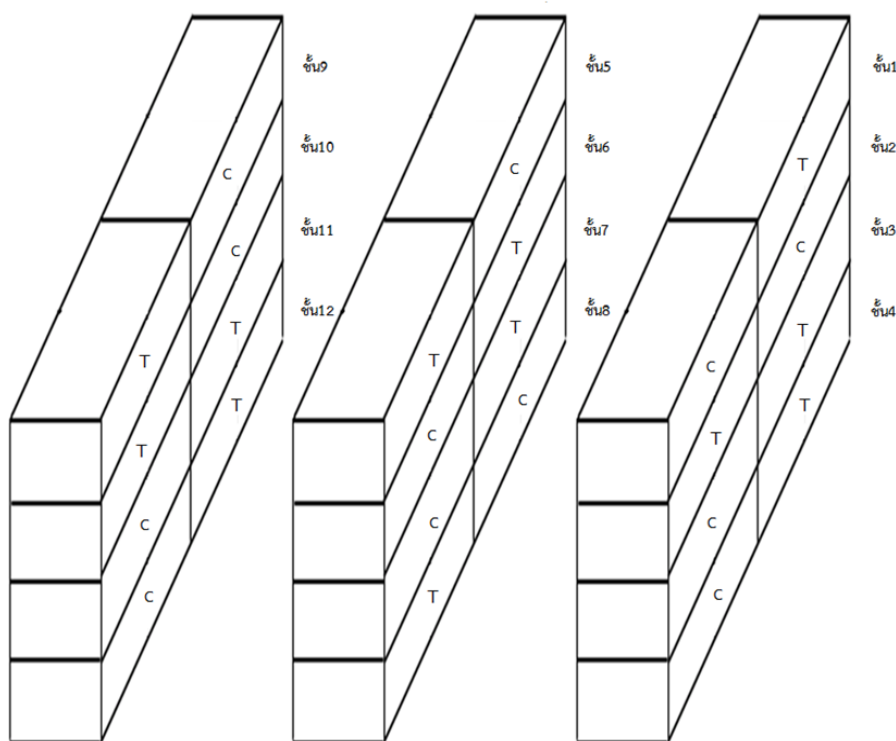
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 3.14 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 3.15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 8 (ระหว่างวันที่ 16-27 กันยายน 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน นำไปตรวจนับจำนวน พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 4.6×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมถั่วเหลืองนี้มาผสมน้ำเท่าตัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 600 มล. ตามช่องที่ได้สู่ผลการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 8

T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

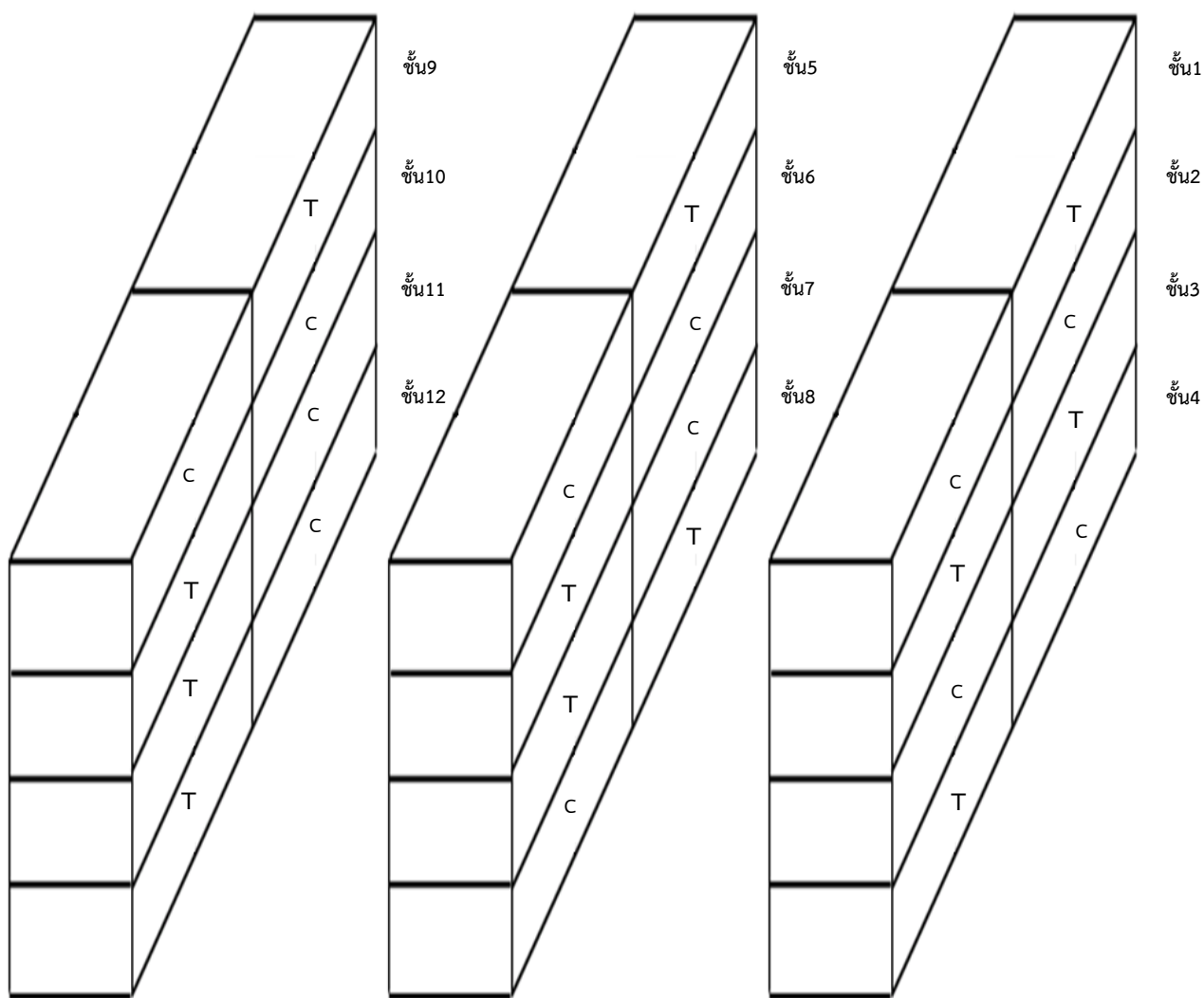
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 1.25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.38 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 9 (ระหว่างวันที่ 16-27 กันยายน 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน นำไปตรวจนับจำนวน ผลพบว่ามีจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 4.6×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมถั่วเหลืองนี้มาผสมน้ำเต้าหัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 600 มล. ตามช่องที่ได้สุ่มการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของ
เกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 9
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

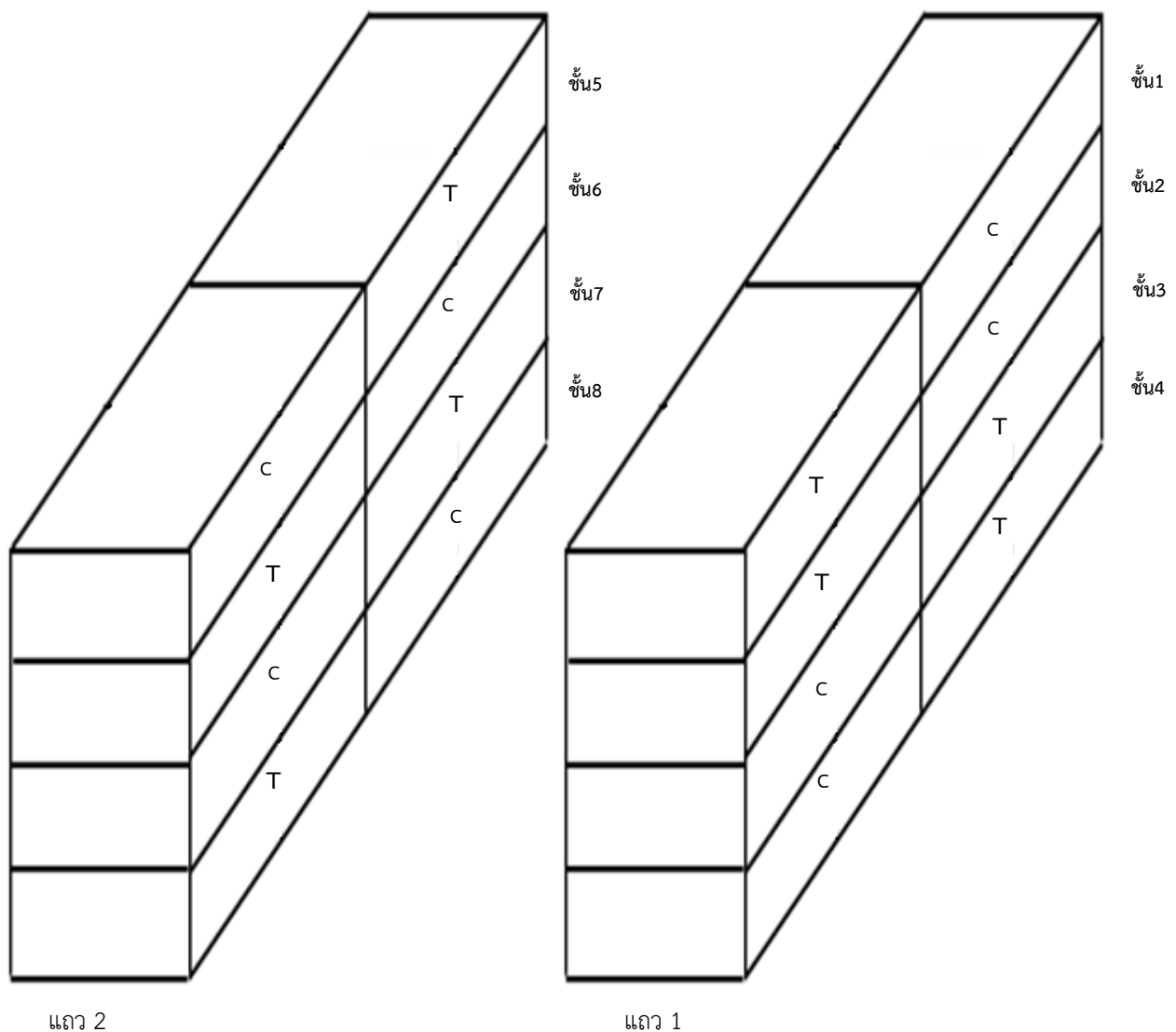
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 1.24 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 10 (ระหว่างวันที่ 24 กันยายน – 3 ตุลาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ที่ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน นำไปตรวจนับจำนวน พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ 1.02×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมแก้ว เหลืองนี้มาผสมน้ำเท่าตัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 500 มล. ตามช่องที่ได้สู่ผลการทดลอง ไว้ ดังแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 10
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

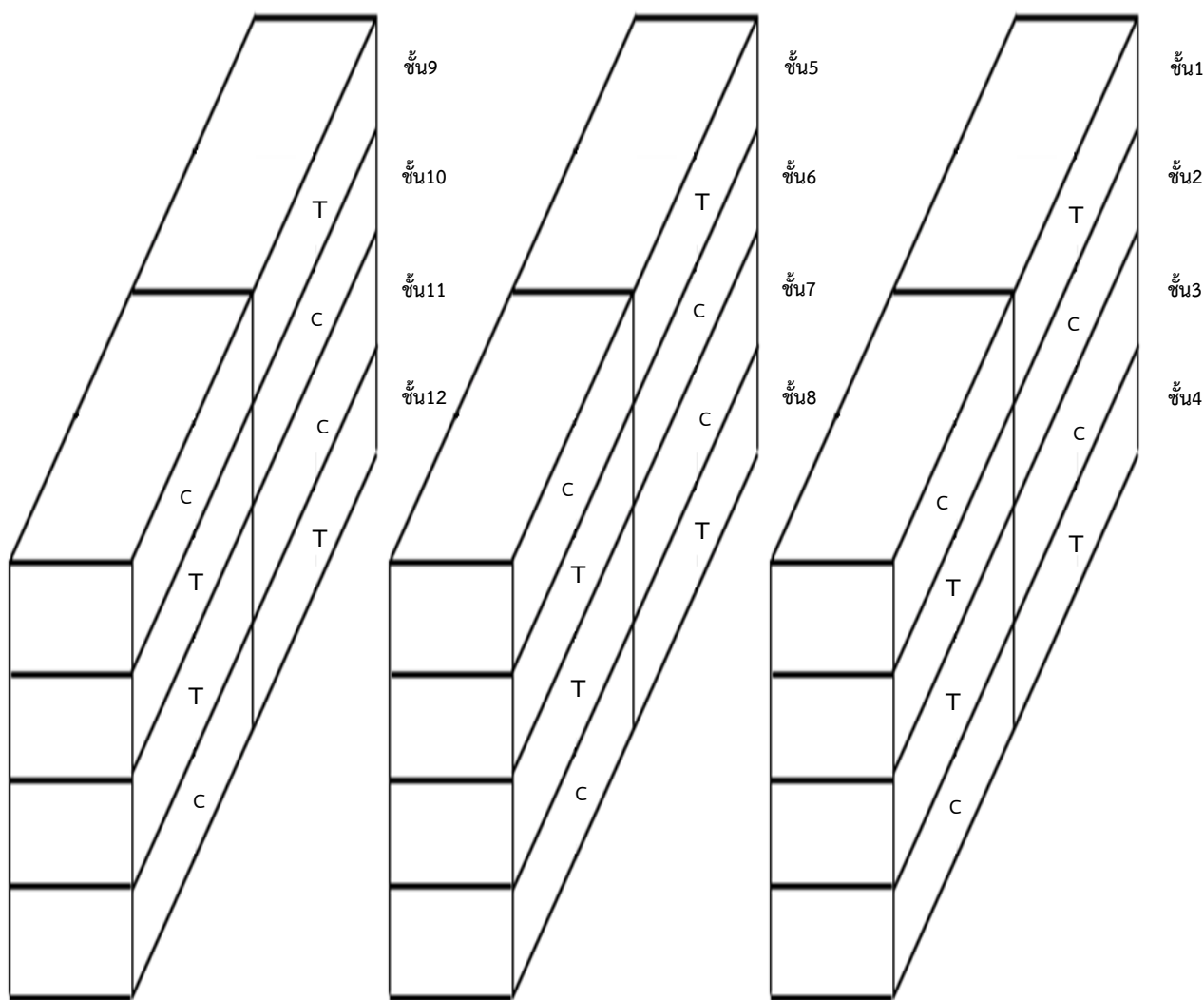
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 2.45 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.22 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 11 (ระหว่างวันที่ 6-19 ตุลาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน นำไปตรวจนับจำนวน ผลพบว่าจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ 7.46×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมถั่วเหลืองนี้มาผสมน้ำเท่าตัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทริตเมนต์ละ 600 มล. ตามช่องที่ได้สูมการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของ
เกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 11

T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

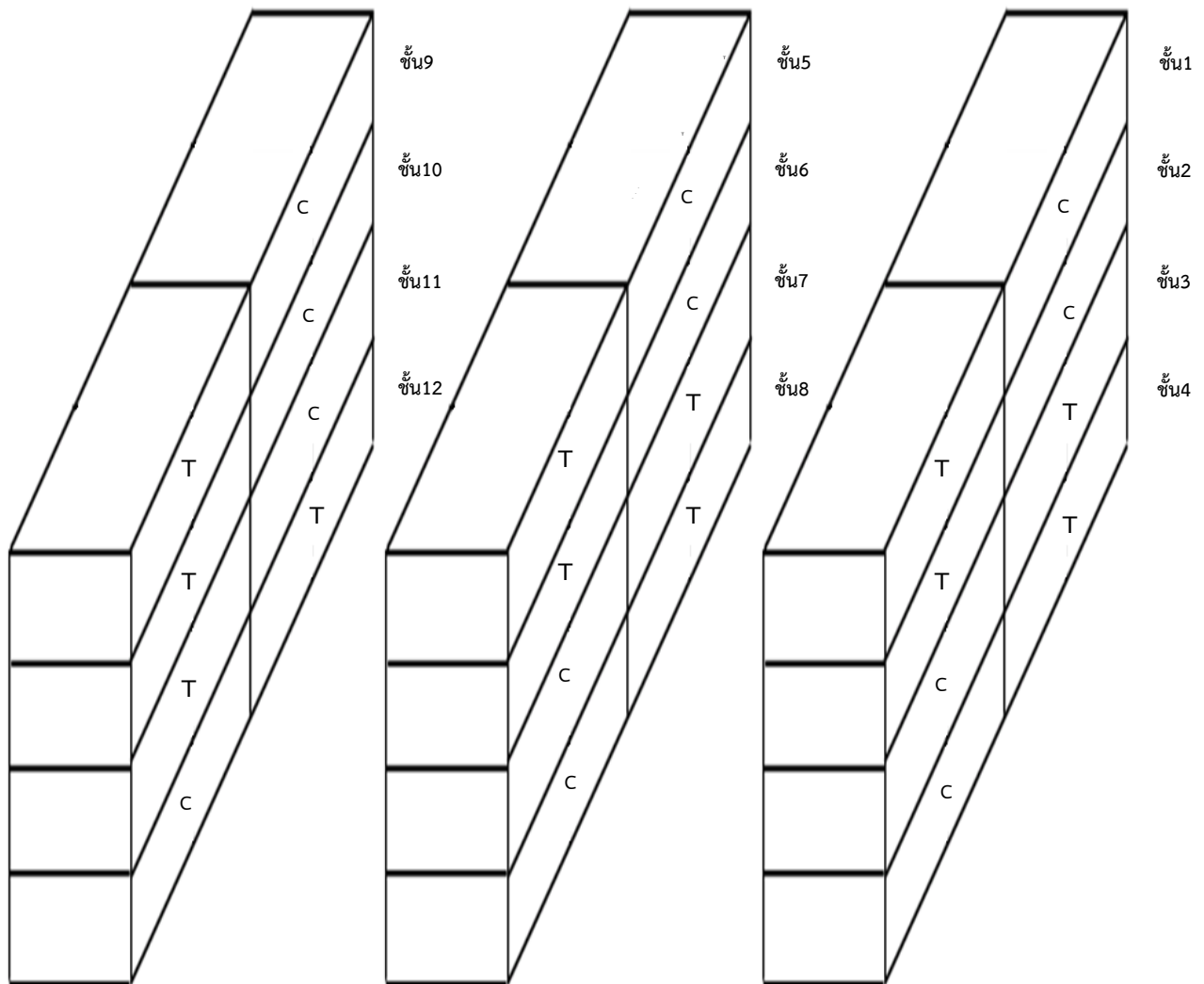
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 0.90 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.84 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 12 (ระหว่างวันที่ 6-18 ตุลาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน นำไปตรวจนับจำนวน พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ 7.46×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมถั่วเหลือง น้ามผสมน้ำเท่าตัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 600 มล. ตามช่องที่ได้สู่ผลการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จ.พระนครศรีอยุธยา ในการทดลองครั้งที่ 12
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

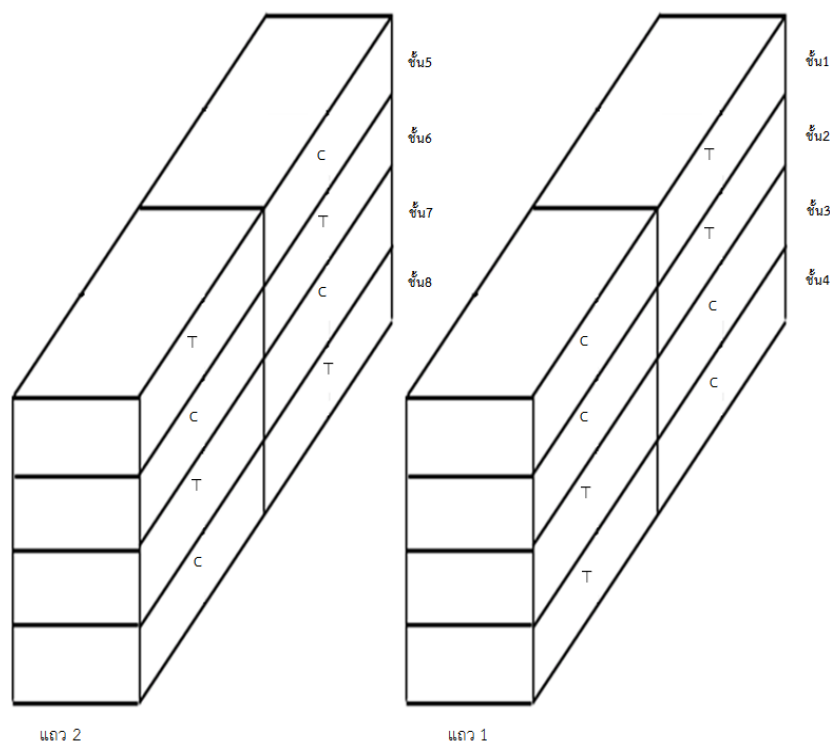
การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์อยุธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 0.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 13 (ระหว่างวันที่ 30 กันยายน-18 ตุลาคม 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ที่ภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน นำไปตรวจนับจำนวน ผลพบว่ามีจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ 3.2×10^7 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมถั่วเหลือง น้ามผสมน้ำเท่าตัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทรีตเมนต์ละ 500 มล. ตามช่องที่ได้สู่ผลการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 26

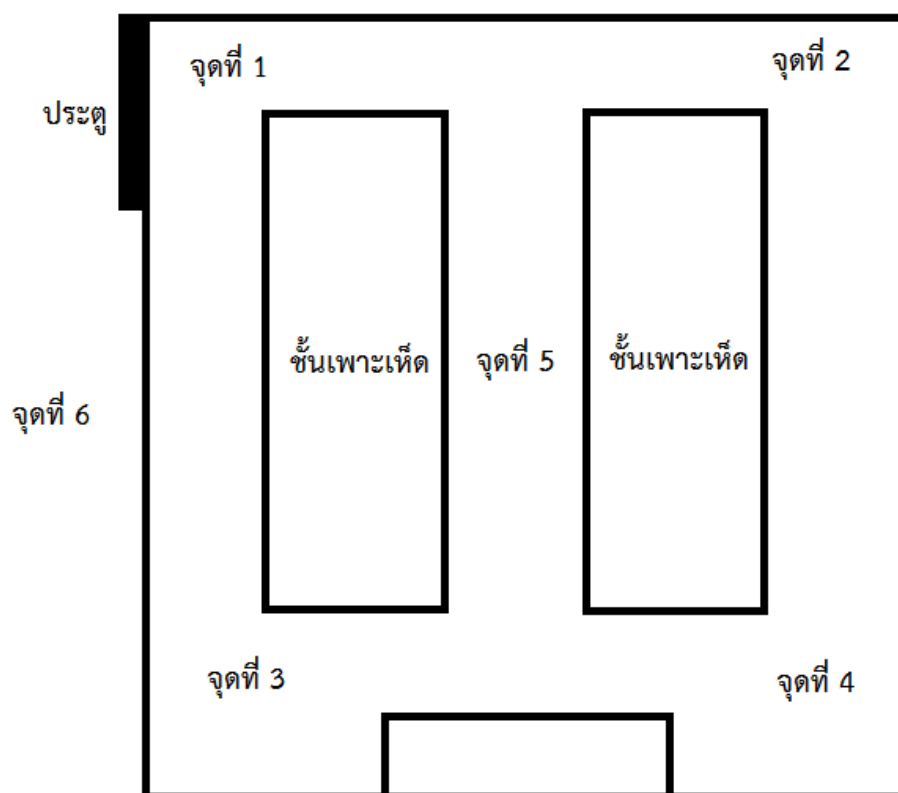


ภาพที่ 26 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 13
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 2.99 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย (control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.68 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการทดลองเพาะเห็ดครั้งที่ 13 นี้ได้มีการตรวจวัดปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ ในระหว่างการทดลอง ทั้งหมด 6 จุด ได้แก่ ด้านหน้าโรงเพาะเห็ด มุมทั้ง 4 ของโรงเพาะเห็ด และกลางห้องของโรงเพาะเห็ด ดังแผนผังของการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในโรงเพาะเห็ด



แผนผังของการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในโรงเพาะเห็ด

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ณ จุดต่างๆ ในโรงเพาะเห็ดระบบปิด

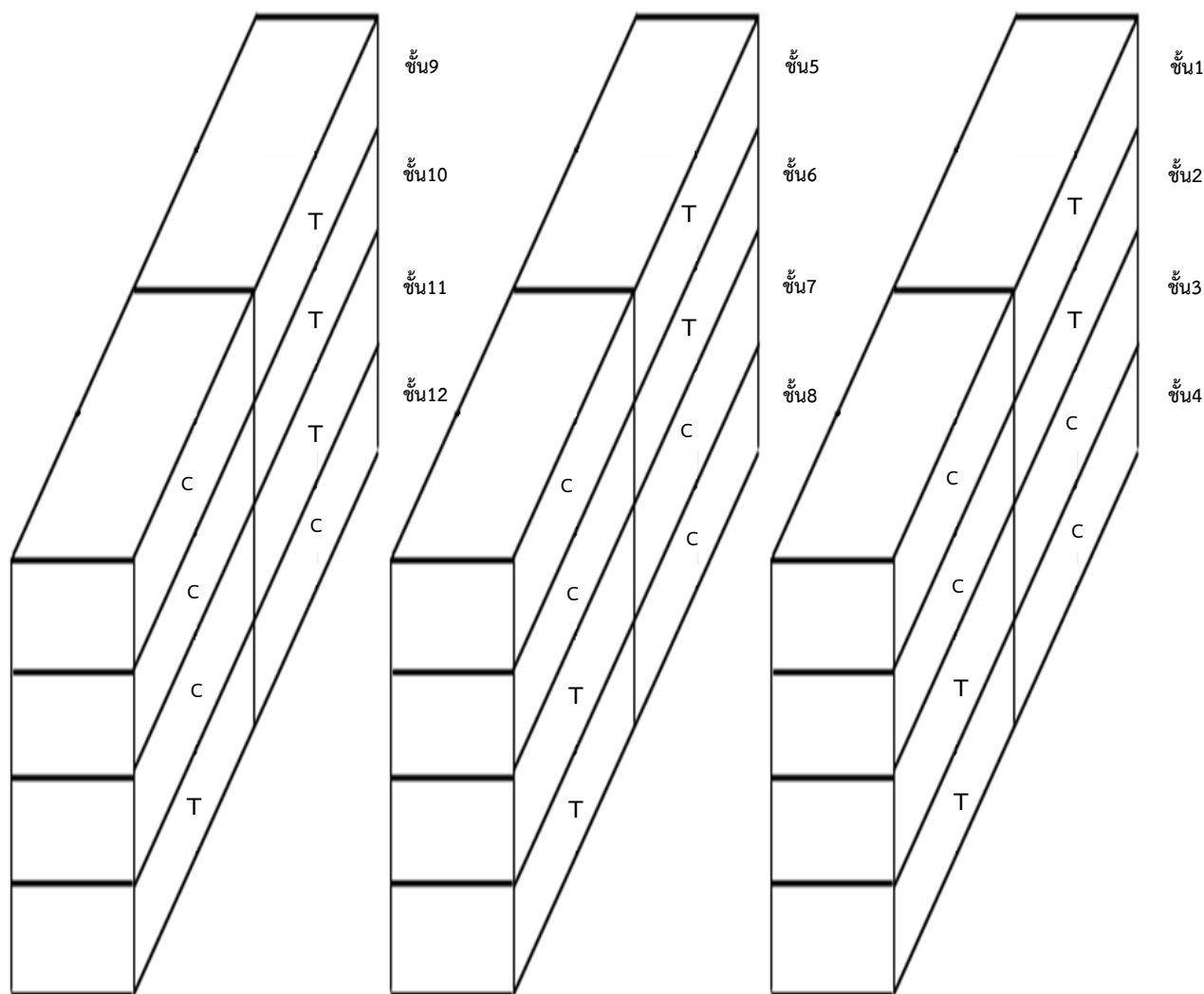
วันที่	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)					
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
25/10/2016	370	380	375	375	370	355
26/10/2016	329	325	324	325	313	303
27/10/2016	355	344	370	339	334	324
28/10/2016	350	339	360	334	325	312
29/10/2016	323	329	324	324	324	305
30/1/1900	351	355	360	360	360	320
31/10/2016	334	329	329	329	324	308
1/11/2016	320	335	335	340	335	317
2/11/2016	310	315	310	320	320	310
3/11/2016	330	335	340	340	345	330
4/11/2016	370	348	370	370	365	350
5/11/2016	310	328	320	320	318	315
6/11/2016	365	365	370	370	370	344
7/11/2016	360	360	360	360	365	340
8/11/2016	320	320	325	324	325	320
9/11/2016	338	340	343	340	344	330
10/11/2016	313	310	320	321	320	313
11/11/2016	318	320	325	325	324	320
12/11/2016	340	335	340	340	335	332
13/11/2016	338	340	340	345	340	328
14/11/2016	320	320	323	323	320	318
15/11/2016	310	320	321	318	320	310
16/11/2016	320	321	323	323	324	320
17/11/2016	325	325	328	327	325	325
18/11/2016	330	332	332	335	332	320

ผลการทดลองเพาะเห็ด ครั้งที่ 14 (ระหว่างวันที่ 6-17 พฤศจิกายน 2559)

ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง หลังจากใส่ผงแบคทีเรีย ในนมและบ่มไว้ 1 คืน
นำไปตรวจนับจำนวน ผลพบว่าจำนวนแบคทีเรียสร้างสปอร์ 1.7×10^8 cfu/ml นำแบคทีเรียในนมถั่วเหลือง

น้ำผสมน้ำเท่าตัวและนำไปฉีดพ่นบนชั้นเพาะเห็ด ทริตเมนต์ละ 600 มล. ตามช่องที่ได้สู่มีการทดลองไว้ ดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ตำแหน่งของช่องการทดลอง control และ treatment บนชั้นเพาะเห็ด ในการทดลองครั้งที่ 14
T = treatment ที่ฉีดพ่นแบคทีเรีย และ C = control ที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย

การเก็บผลผลิตของดอกเห็ดฟาง นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล นำข้อมูลผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่าง Control และ Treatment

ผลผลิต ผลการทดลองพบว่า เห็ดฟางสายพันธุ์ยูธยาที่ได้รับการฉีดพ่นแบคทีเรีย (treatment) มีน้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 1.66 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งน้อยกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้รับการพ่นแบคทีเรีย

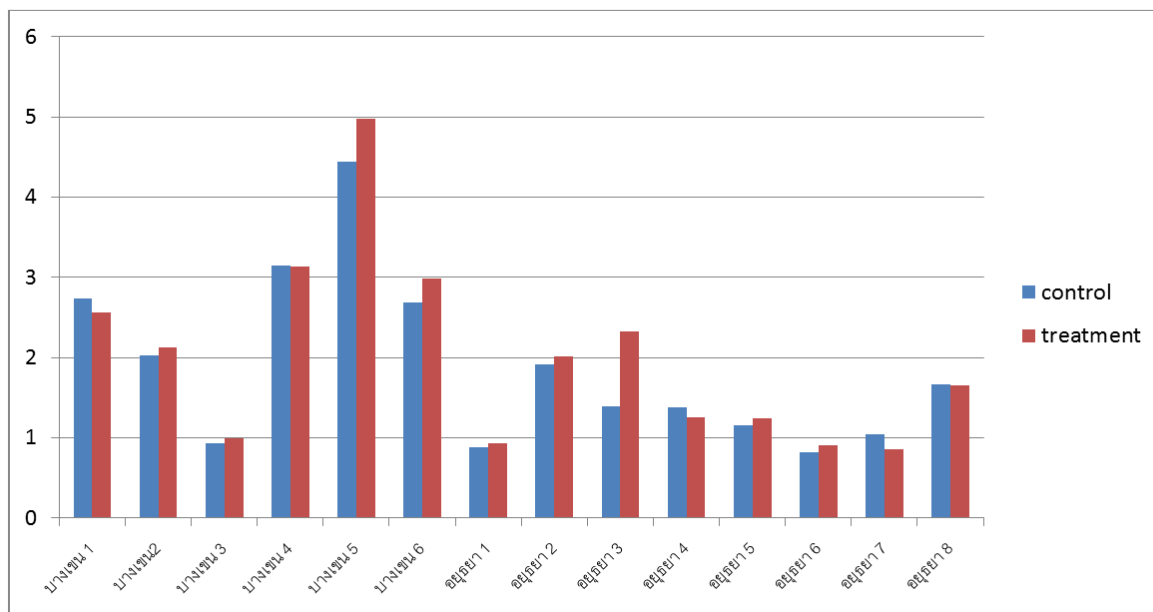
(control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.67 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 สรุปเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดฟางที่ได้ระหว่างแปลงที่ฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 และที่ไม่ฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรีย ในการทดลองเพาะ ทั้ง 14 ครั้ง

ลำดับที่	โรงเรือนทดสอบ	Treatment/Control	น้ำหนัก (กก./ตรม.)	ระยะเวลาเก็บ ผลผลิต (วัน)
การทดลองครั้งที่ 1	บางเขน	Treatment	2.56	14
		Control	2.74	
การทดลองครั้งที่ 2	บางเขน	Treatment	2.13	9
		Control	2.03	
การทดลองครั้งที่ 3	บางเขน	Treatment	0.99	20
		Control	0.93	
การทดลองครั้งที่ 4	อยุธยา	Treatment	0.93	7
		Control	0.88	
การทดลองครั้งที่ 5	อยุธยา	Treatment	2.01	8
		Control	1.92	
การทดลองครั้งที่ 6	อยุธยา	Treatment	2.32	9
		Control	1.39	
การทดลองครั้งที่ 7	บางเขน	Treatment	3.14	9
		Control	3.15	
การทดลองครั้งที่ 8	อยุธยา	Treatment	1.25	12
		Control	1.38	
การทดลองครั้งที่ 9	อยุธยา	Treatment	1.24	12
		Control	1.16	
การทดลองครั้งที่ 10	บางเขน	Treatment	4.98	10
		Control	4.44	
การทดลองครั้งที่ 11	อยุธยา	Treatment	0.9	14
		Control	0.82	
การทดลองครั้งที่ 12	อยุธยา	Treatment	0.86	13
		Control	1.04	
การทดลองครั้งที่ 13	บางเขน	Treatment	2.99	20
		Control	2.68	
การทดลองครั้งที่ 14	อยุธยา	Treatment	1.66	12
		Control	1.67	

กราฟแสดงผลผลิตเห็ดฟางที่ได้ (กก./ตร.ม.) ในการทดลองเพาะเห็ดทั้ง 14 ครั้ง เปรียบเทียบระหว่างที่ใส่
และไม่ใส่แบคทีเรีย ในโรงเพาะเห็ดระบบปิดและโรงเพาะเห็ดที่ จ.พระนครศรีอยุธยา

กก./ตร.ม.



7. ผลการตรวจสอบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่เติมแบคทีเรียและไม่เติมแบคทีเรีย

ได้ทำการเก็บตัวอย่างเห็ดฟางที่เพาะได้ไปตรวจสอบคุณภาพและอายุการเก็บรักษา ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยเก็บในกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง (ดังภาพ) ขนส่งโดยรถตู้กลับมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ต่อไป



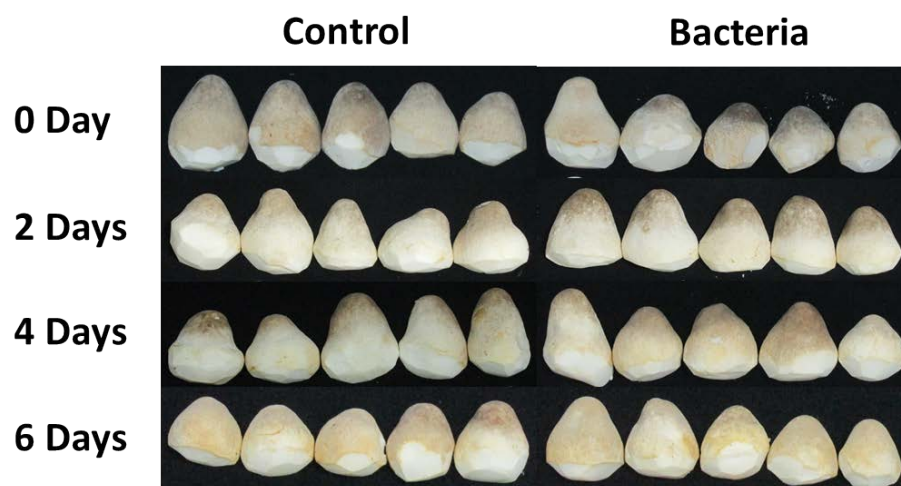
การเก็บตัวอย่างดอกเห็ด ทำการเก็บตัวอย่างจากโรงเรือนระบบปิดรวม 5 ครั้ง และในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวม 4 ครั้ง การเพาะเห็ดรอบแรกๆ ไม่ได้เก็บตัวอย่างเห็ดมาทดสอบเนื่องจากเป็นช่วงแรกของการเพาะ จึงคาดว่าผลการทดลองยังไม่นิ่ง ประกอบกับการมาเก็บตัวอย่างต้องเดินทางมาจากกำแพงแสน ซึ่งมีค่าใช้จ่าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเริ่มเก็บตัวอย่างหลังจากทำการทดลองไปได้ระยะหนึ่ง โดยการเก็บตัวอย่าง จะแยกเก็บระหว่างตัวอย่างที่ใช้แบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB กับ ที่ใช้แบคทีเรียชนิดผง โดยการวิเคราะห์จะนำทุกตัวอย่างที่เป็นการทดสอบแบบเดียวกันมารวมกันและวิเคราะห์ เพื่อให้ตัวอย่างมีปริมาณเพียงพอต่อการวิเคราะห์

7.1 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิดและในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

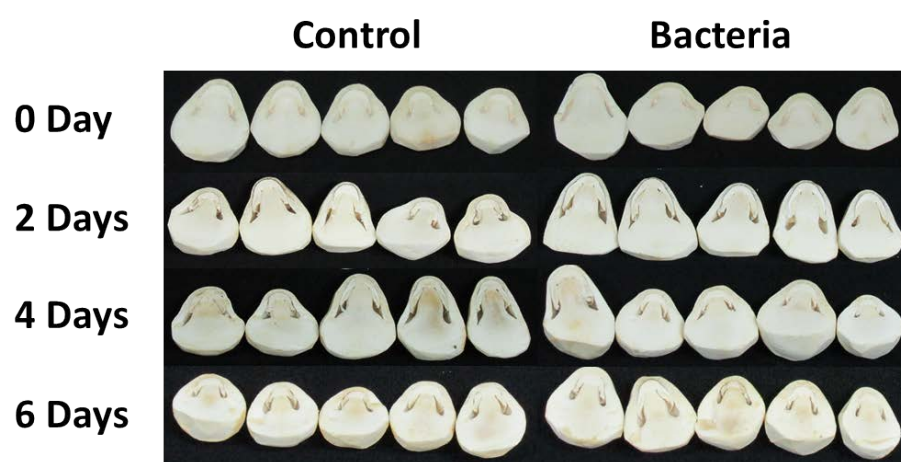
7.1.1 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางเมื่อเพาะในโรงเรือนระบบปิด ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. อายุการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) พบว่า เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากก้อนเชื้อทั้ง 2 ชนิด มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยลักษณะภายนอก (ภาพที่ 28) และลักษณะภายใน (ภาพที่ 29) คุณภาพยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ยังคงอยู่ในสภาพดีทั้งหมด



ภาพที่ 28 ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) เมื่อเพาะในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

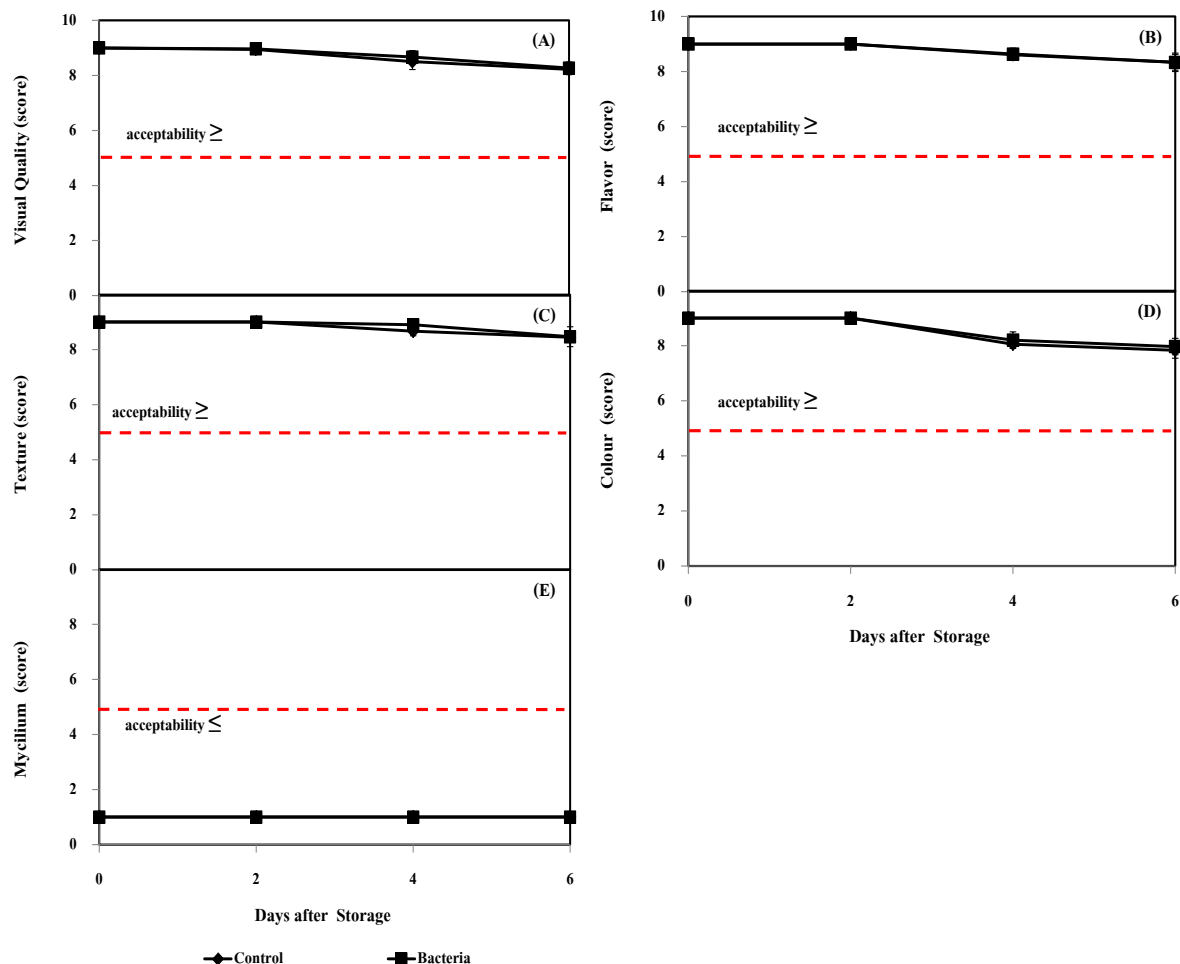


ภาพที่ 29 ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่ผสม (Control) และผสมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

2. ลักษณะคุณภาพปรากฏ

ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (ภาพที่ 30A) กลิ่น (ภาพที่ 30B) เนื้อสัมผัส (ภาพที่ 30C) สี (ภาพที่ 30D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (ภาพที่ 30E) พบว่า

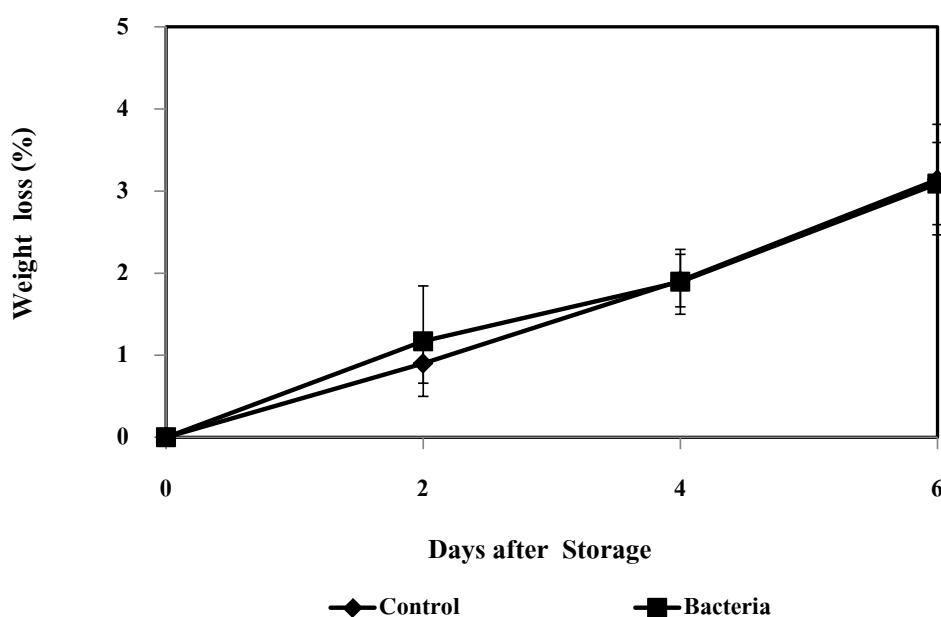
เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีคุณภาพปรากฏลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีคะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสี ไม่แตกต่างกัน และยังคงมีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 8-9 คะแนน ยกเว้นการเจริญของเส้นใยที่มีคะแนนเท่ากับ 1 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ยังมีคุณภาพที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน



ภาพที่ 30 ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น (B) เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

3. การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากก้อนเชื้อเห็ดฟางที่ไม่เติม (Control) มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 3.14 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 3.09 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 31) การสูญเสียน้ำหนักเกิดจากการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยังคงมีชีวิตอยู่จึงมีการหายใจและคายน้ำเกิดขึ้นตลอดเวลา (Bico, 2009) ทั้งนี้มีรายงานว่า เห็ดสามารถสูญเสียน้ำหนักได้ 2.8-5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ด (Fernandes *et al.*, 2012)

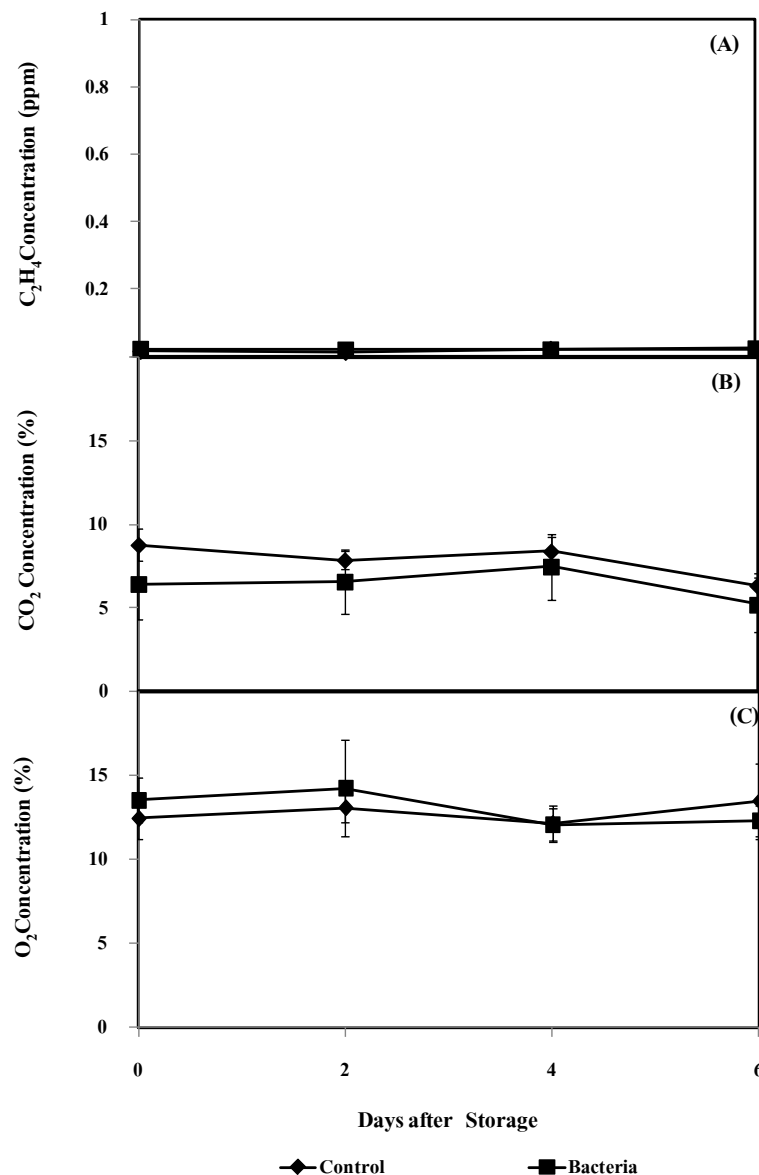


ภาพที่ 31 ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

4. สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

จากการตรวจสอบสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟาง พบว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของเอทิลีน (C_2H_4) (ภาพที่ 32A) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ภาพที่ 32B) และก๊าซออกซิเจน (O_2) (ภาพที่ 32C) ภายในภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน โดยพบการเพิ่มสูงขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 5-9

เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของเอทิลีน (C_2H_4) มีค่าระหว่าง 0.1-0.22 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 13-15 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของพรรณี (2550) และอภิตา และคณะ (2555) ที่พบว่าเห็ดฟางที่บรรจุในภาชนะห่อด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์หรือในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเจาะรู 16 รูเข็ม มีระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุระหว่าง 3-15 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของเอทิลีนมีค่าระหว่าง 0.02-0.2 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 5-20 เปอร์เซ็นต์

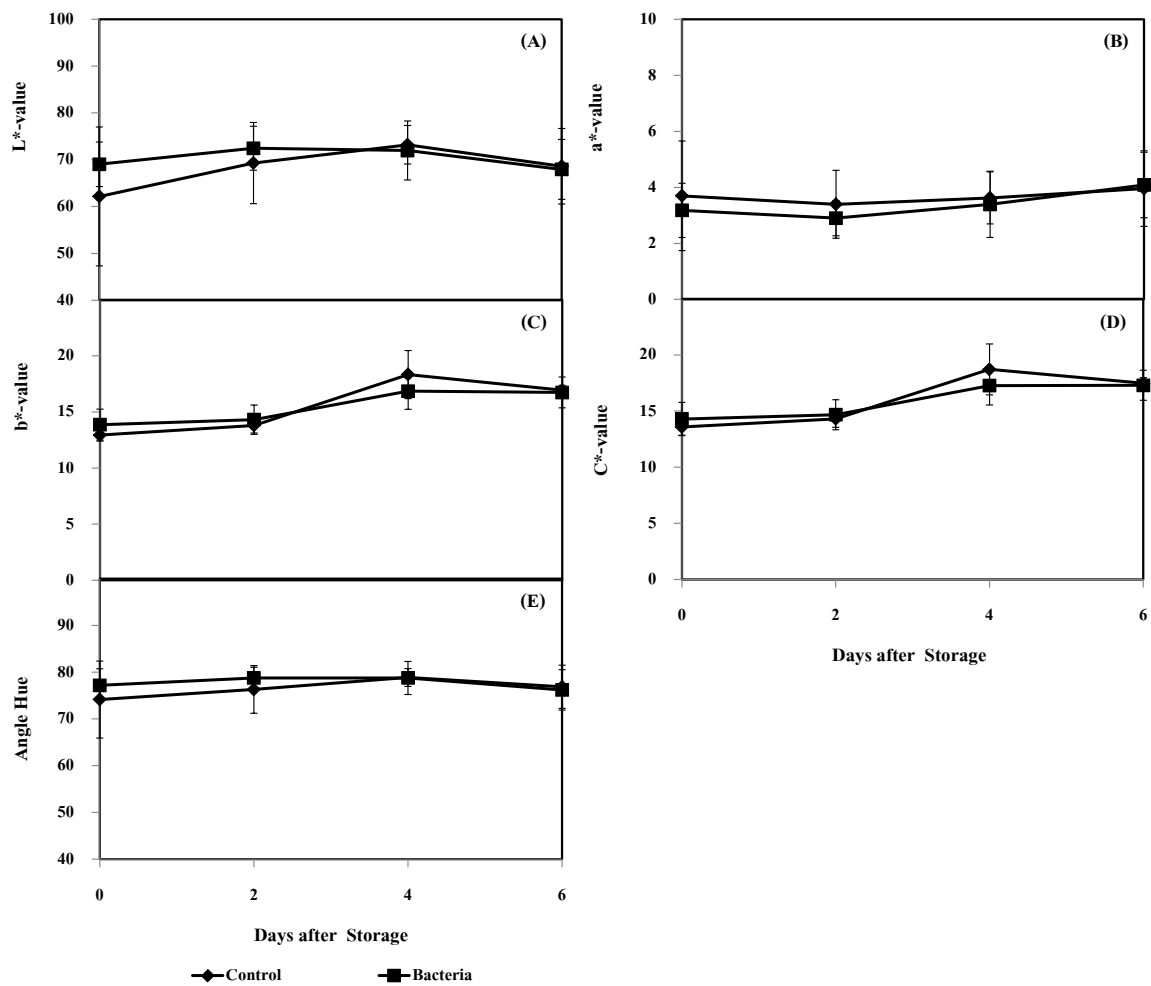


รูปที่ 32 ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของ

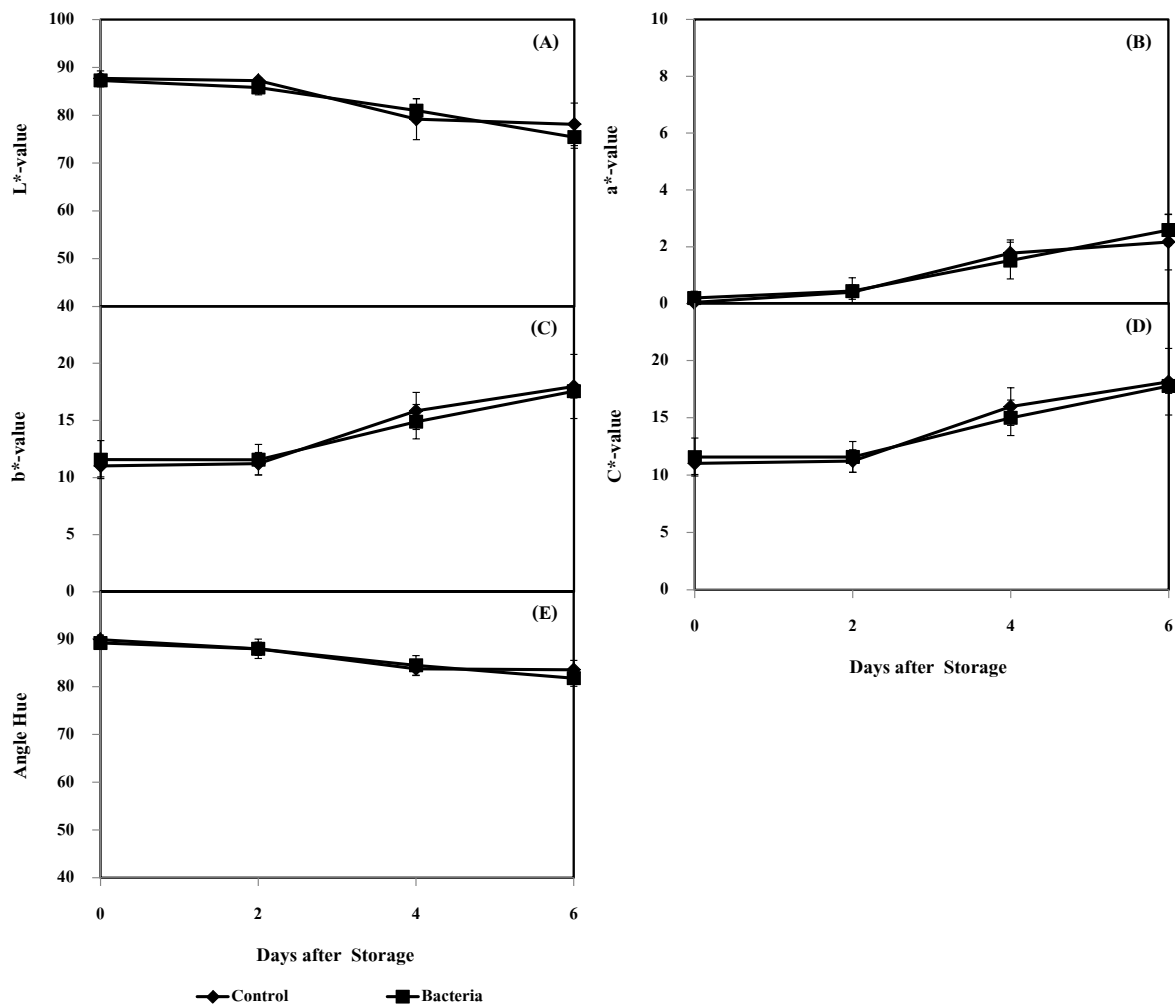
ก๊าซออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่ผสม (Control) และ ผสมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

5. การเปลี่ยนแปลงค่าสี

เมื่อเก็บรักษาเห็ดฟางเป็นเวลานานขึ้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟาง มีค่า L^* (ภาพที่ 33A) a^* (ภาพที่ 33B) และ Angle Hue (ภาพที่ 33E) มีแนวโน้มคงที่ สำหรับ b^* (ภาพที่ 33C) และ C^* (ภาพที่ 33D) มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และสำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟาง พบว่า ค่า L^* (ภาพที่ 34A) และ Angle Hue (ภาพที่ 34E) ลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา สำหรับค่า a^* (ภาพที่ 34B) b^* (ภาพที่ 34C) และ C^* (ภาพที่ 34D) เพิ่มขึ้นในวันที่ 4 จากการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น บริเวณเปลือกหุ้มและแกนกลางดอกเห็ดฟางมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีขาวครีมเป็นสีเหลือง-น้ำตาล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีนี้สอดคล้องกับคะแนนสีปรากฏที่ลดลงในรูปที่ 30D การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดฟางเป็นลักษณะสำคัญที่บ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งเกิดจากกระบวนการชราภาพ ส่งผลให้ผนังเซลล์เสื่อมสภาพ ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ของเซลล์ (Braaksma *et al.*, 1994) จึงเป็นเหตุให้เกิดการร่วงไหลของประจุที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 36)



รูปที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

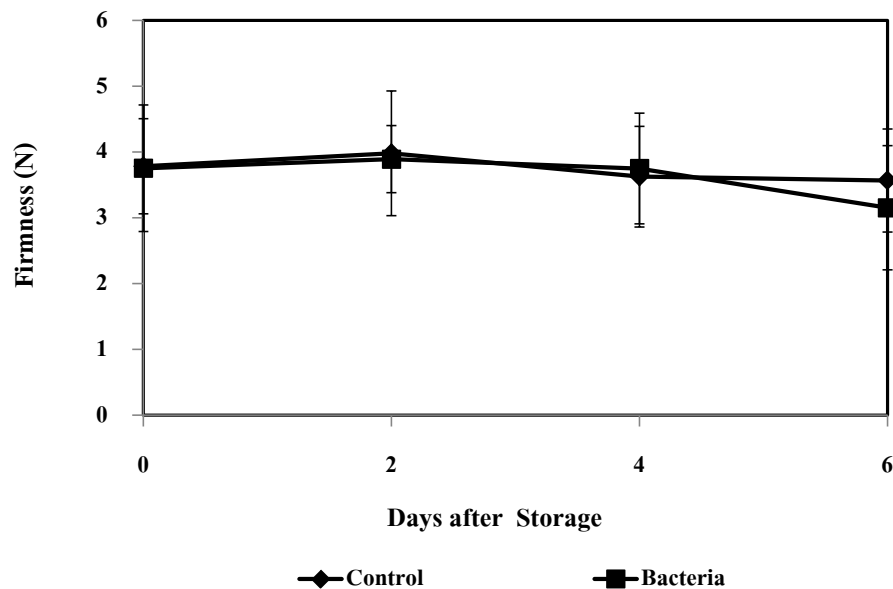


รูปที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลาง ดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ใน โรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็น เวลา 6 วัน

6. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และลดลงต่อเนื่องจนถึงวันที่ 6 อย่างไรก็ตาม ค่าความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยลดลงในวันแรกจากค่าเฉลี่ย 3.67 นิวตัน ลดลงเหลือเฉลี่ย 3.31 นิวตัน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 35) การลดลงของค่าความแน่นเนื้อนั้น สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสีย น้ำ ทำให้เซลล์มีความเต่งลดลง พลังเซลล์อ่อนตัวลง หรือทำให้เกิดการยิดเกาะระหว่าง

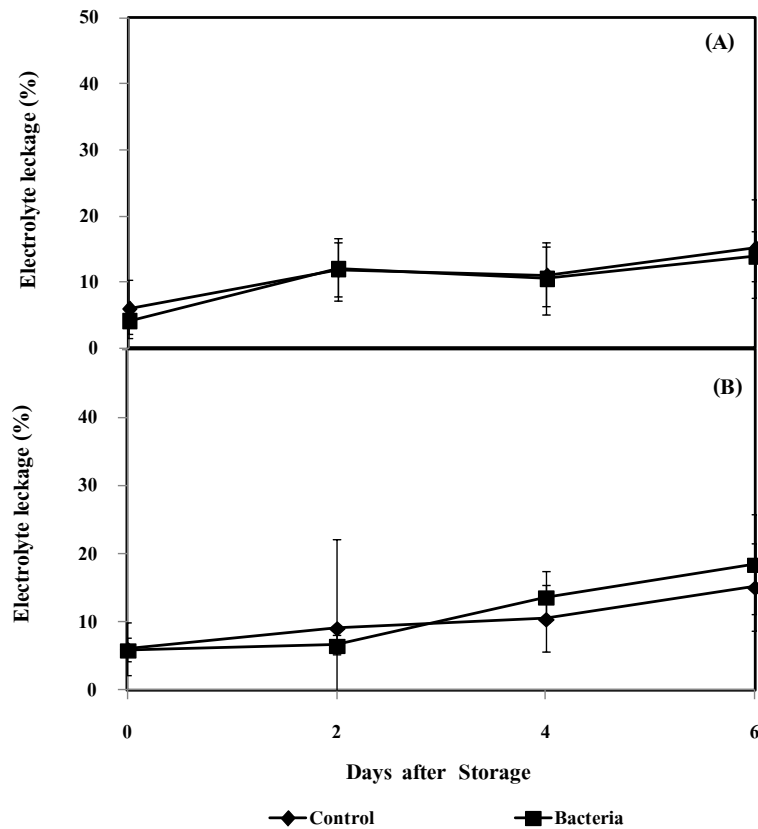
เซลล์กับเซลล์ที่อยู่ติดกันอ่อนแอลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและก่อให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ เส้นใยหดตัว เกิดการหยุดชะงักของแวกคิวล เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ และการขยายตัวของช่องว่างระหว่างเซลล์ของหมวกเห็ด (Zivanovic *et al.*, 2000; Aday and Caner, 2013)



รูปที่ 35 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

7. ค่าการรั่วไหลของประจุ

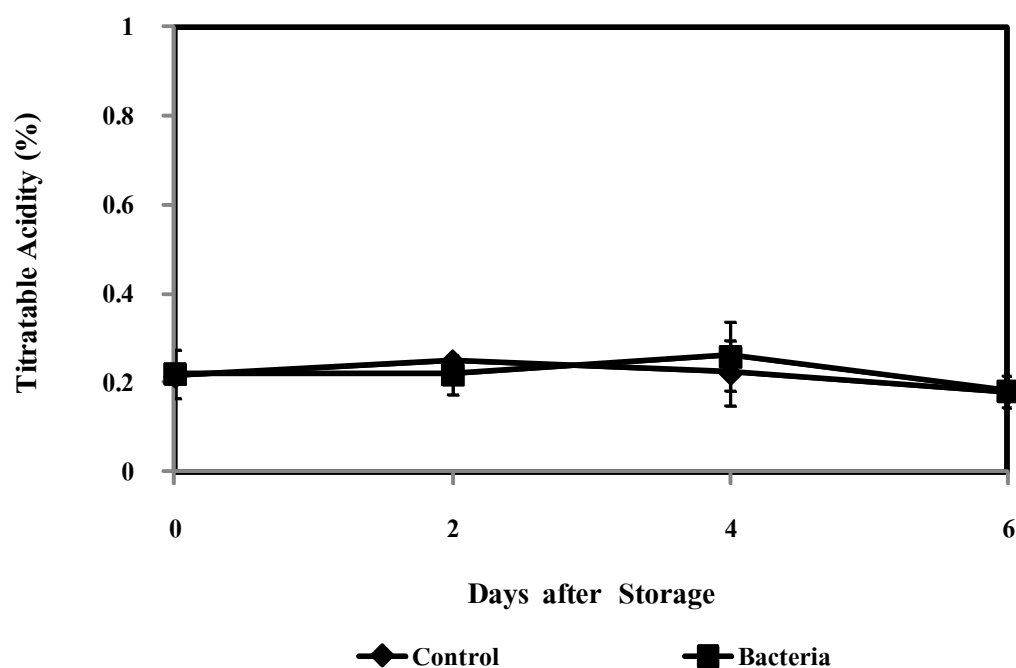
ค่าการรั่วไหลของประจุบ่งบอกถึงสภาพสุขภาพของเห็ดฟาง ซึ่งค่าการรั่วไหลของประจุจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเห็ดฟางเป็นระยะเวลานานขึ้น (Kim *et al.*, 2004) จากการทดลองวัดค่าการรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางบริเวณเปลือกหุ้ม (ภาพที่ 36A) และบริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟาง (ภาพที่ 36B) พบว่าค่าการรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ทั้ง 2 บริเวณมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น การรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางทั้ง 2 บริเวณ มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าการรั่วไหลของประจุบ่งบอกถึงความเสียหายของเนื้อเยื่อโปรตีนและไขมันบนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารได้ (Tianjia *et al.*, 2013)



รูปที่ 36 การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลางดอก (B) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA)

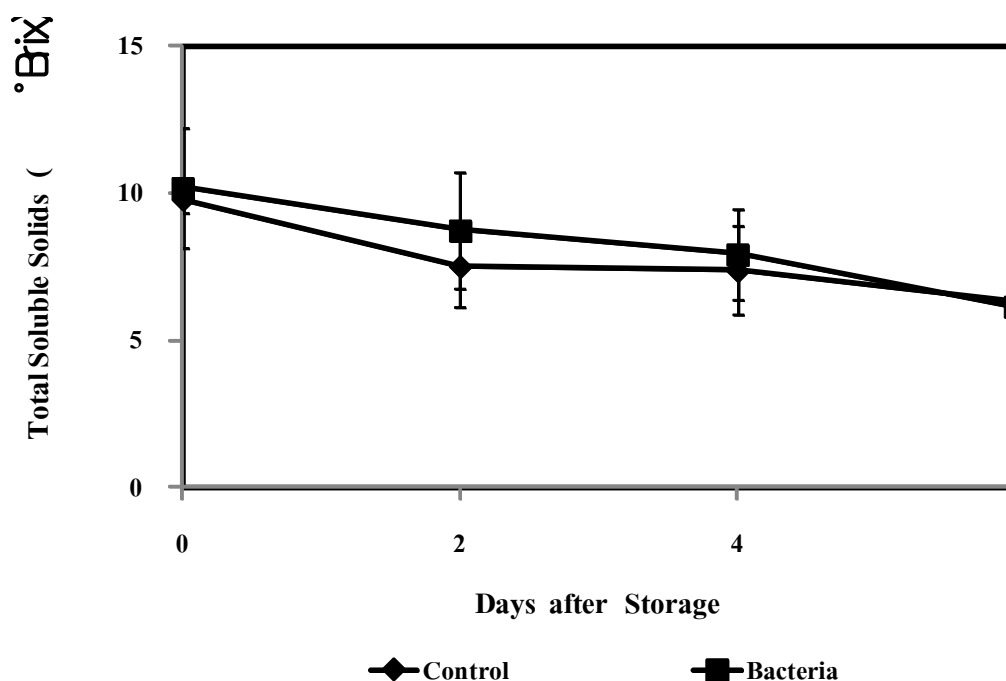
ปริมาณ TA ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 37)



ภาพที่ 37 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS)

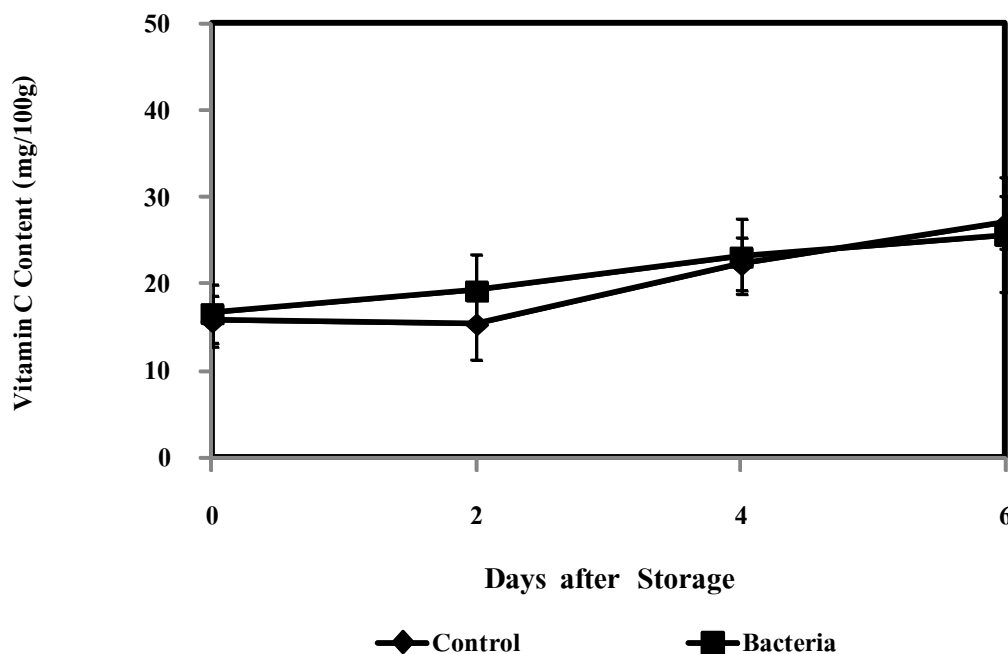
ปริมาณ TSS ของเห็ดฟางมีค่าลดลงตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) (ภาพที่ 38) การลดลงของปริมาณ TSS เนื่องมาจากเห็ดฟางนำอาหารที่สะสมไว้ในรูปของน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึงเป็นผลให้ปริมาณ TSS ลดลง (Yaman and Bayoindirli, 2002)



ภาพที่ 38 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

10. ปริมาณวิตามินซี

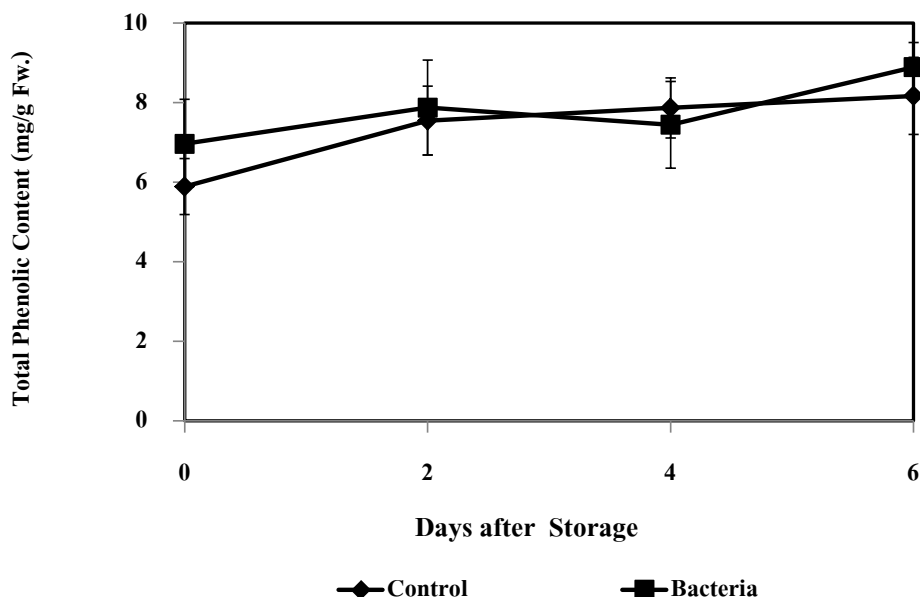
ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา โดยปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่ได้จากเชื้อเห็ดฟางทั้ง 2 ชนิดให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 39) ทั้งนี้วิตามินซีที่เพิ่มขึ้นนี้อาจทำหน้าที่ไปทำปฏิกิริยากับสารควิโนในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลของพืช เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่มีสี รวมถึงเป็นตัวจับออกซิเจนที่จำเป็นในการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสทำให้สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล (browning) ของเห็ดได้ (Golan-Goldhirsh and Whitaker, 1984 ; Hsu *et al.*, 1988)



ภาพที่ 39 ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเพาะเห็ดระบบปิดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

11. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลิกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 จนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากก้อนเชื้อทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 40) การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษานั้น เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดฟาง ทั้งนี้พบว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนสีในส่วนของบริษัทเปลือกหุ้มและแกนกลางของดอกเห็ดฟางเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจะทำให้ฟีนอลิกรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายยาวได้สารควิโนนและเกิดสีน้ำตาลขึ้น (จริงแท้, 2542)

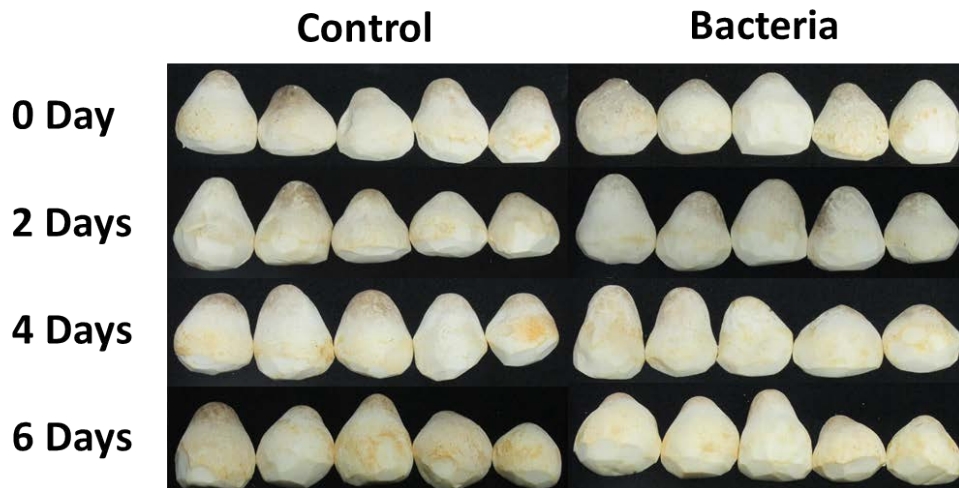


ภาพที่ 40 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

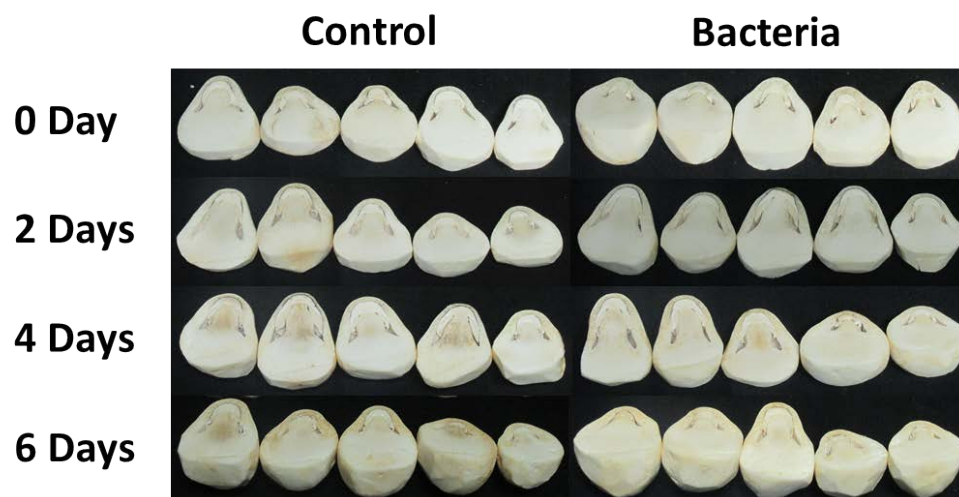
7.1.2 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหาร NB ลงในวัสดุเพาะเห็ดฟางเมื่อเพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. อายุการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร พบว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยมีลักษณะภายนอก (ภาพที่ 41) และลักษณะภายใน (ภาพที่ 42) มีคุณภาพลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น แต่คุณภาพยังคงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และผลิตผลภายในภาชนะบรรจุยังคงอยู่ในสภาพดีทั้งหมด



ภาพที่ 41 ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน



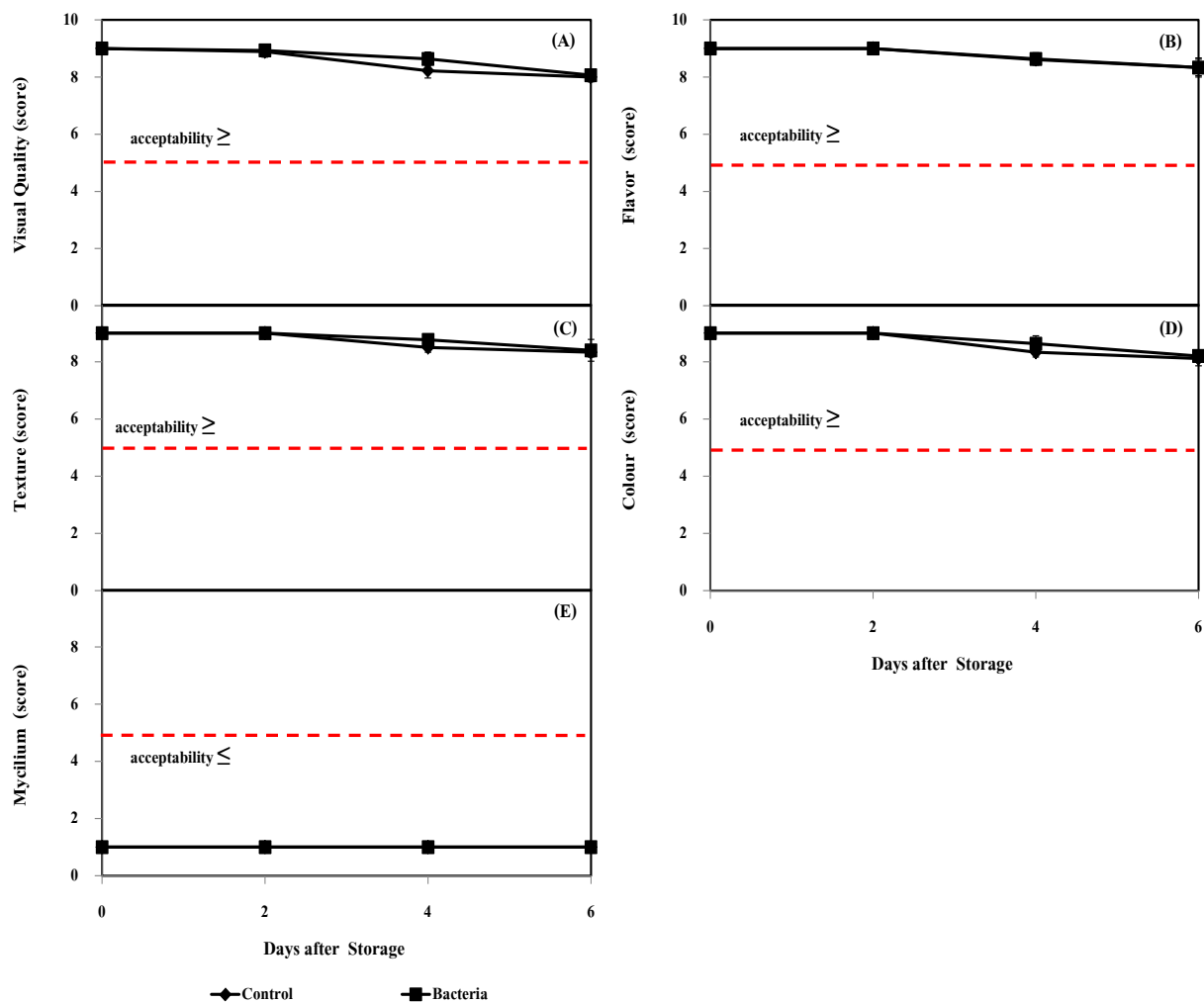
ภาพที่ 42 ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

2. ลักษณะคุณภาพปรากฏ

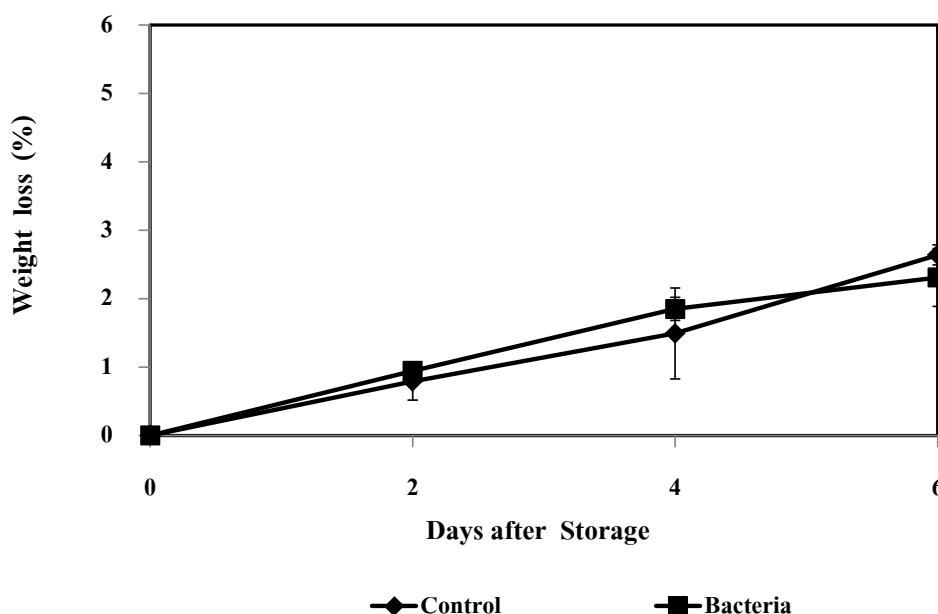
ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (ภาพที่ 43A) กลิ่น (ภาพที่ 43B) เนื้อสัมผัส (ภาพที่ 43C) สี (ภาพที่ 30D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (ภาพที่ 43E) พบว่าเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีคุณภาพปรากฏลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีคะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสี ไม่แตกต่างกัน โดยเริ่มพบการเปลี่ยนแปลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และลดลงจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา คะแนนเนื้อสัมผัสและคะแนนสีปรากฏที่ลดลง สอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงค่าสีและยังคงมีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 8-9 คะแนน ยกเว้นการเจริญของเส้นใยที่มีคะแนนเท่ากับ 1 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ยังมีคุณภาพที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน

3. การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่ผสม (Control) และผสมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเฉลี่ย 2.47 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 44) เนื่องจากเห็ดเป็นพืชที่มีผิวบาง เมื่อเห็ดมีการคายน้ำจึงทำให้มีสูญเสียน้ำได้ง่ายและรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา (Jiang *et al.*, 2012; Khan *et al.*, 2014) ทั้งนี้มีรายงานว่า เห็ดสามารถสูญเสียน้ำหนักได้ 2.8-5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ด (Fernandes *et al.*, 2012)



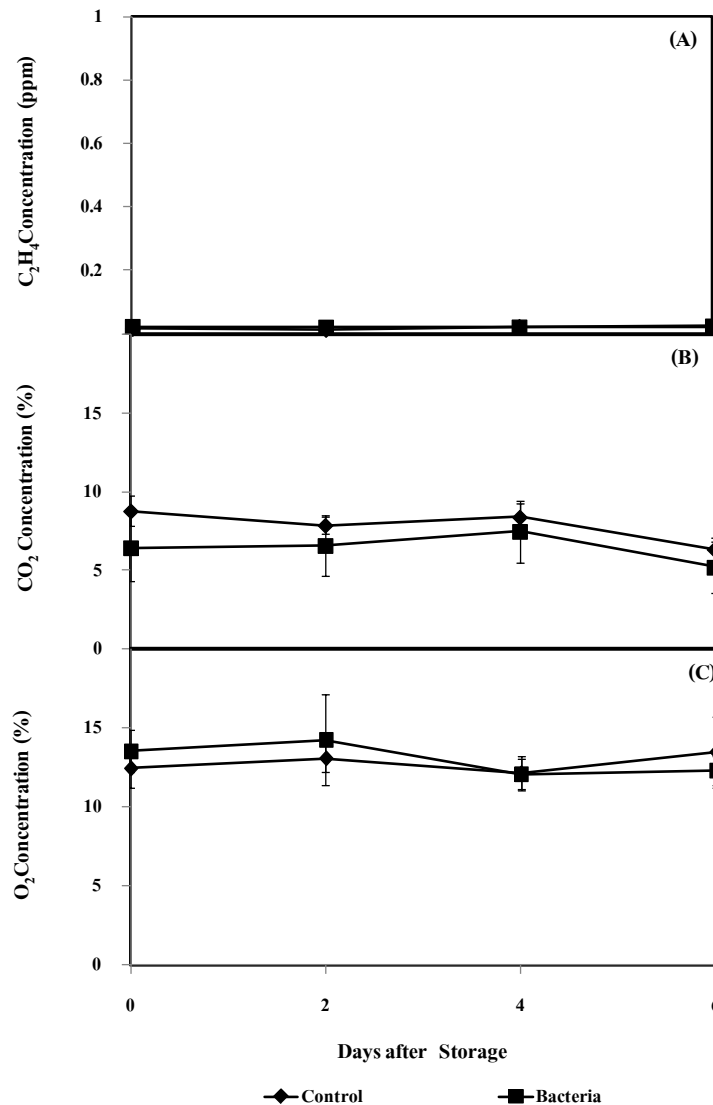
ภาพที่ 43 ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น (B) เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 44 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

4. สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

จากการตรวจสอบสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟาง พบว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของเอทิลีน (C_2H_4) (ภาพที่ 45A) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ภาพที่ 57B) และก๊าซออกซิเจน (O_2) (ภาพที่ 57C) ภายในภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน โดยพบการเพิ่มสูงขึ้นของก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 0.03-0.1 เปอร์เซ็นต์ และ 3-7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ความเข้มข้นของออกซิเจน (O_2) มีค่าลดลงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าระหว่าง 14-15 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 45C) ความเข้มข้นของเอทิลีน (C_2H_4) มีค่าระหว่าง 0.1-0.22 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 13-15 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของพรรณี (2550) และอภิธา และคณะ (2555) ที่พบว่าการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่บรรจุในภาชนะห่อด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์หรือถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเจาะรู 16 รู ให้ได้นาน 6 วัน ควรมีระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุระหว่าง 4-10 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของเอทิลีนมีค่าระหว่าง 0.03-0.2 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 5-20 เปอร์เซ็นต์

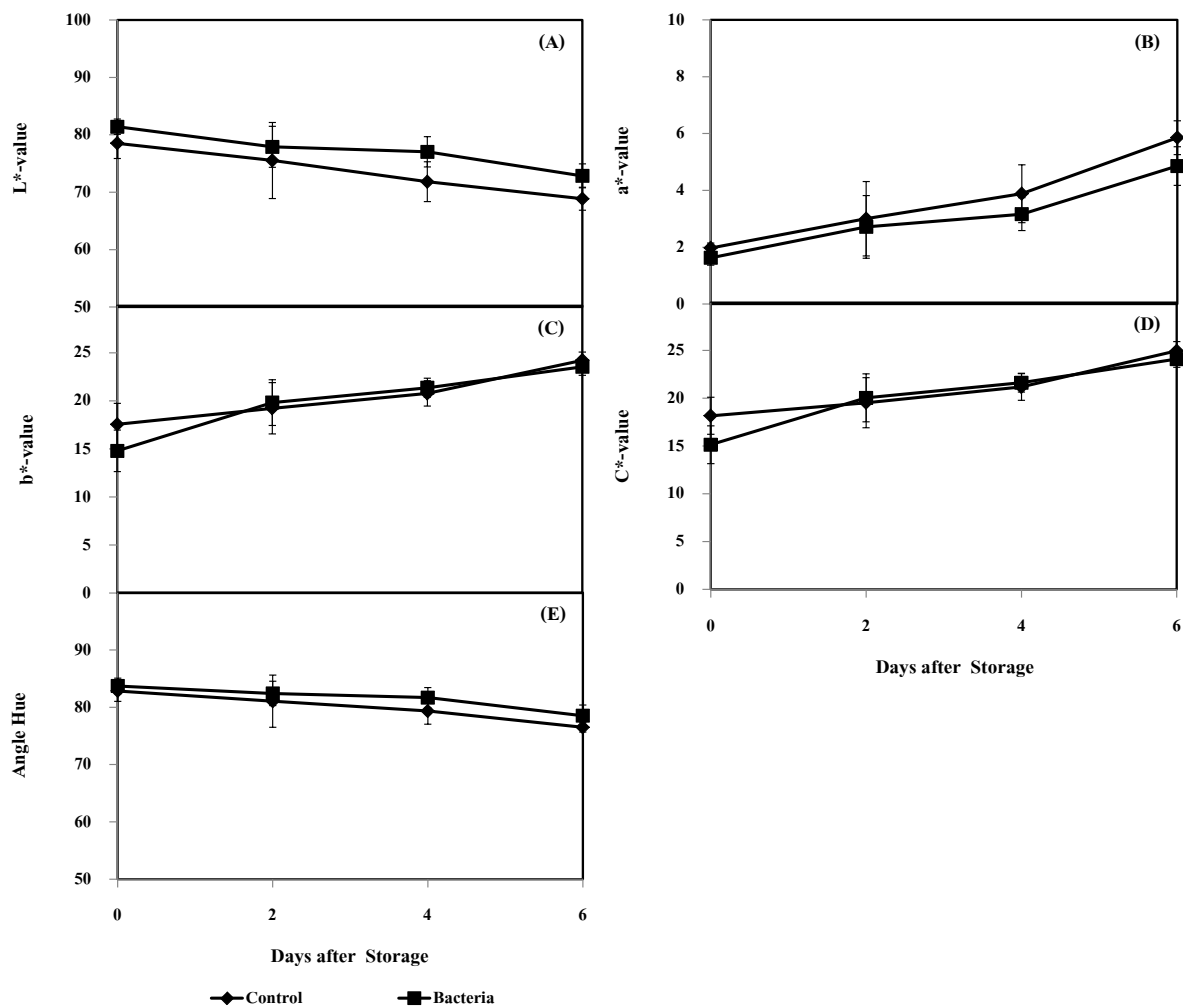


ภาพที่ 45 ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุหีบฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในระดับการค้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

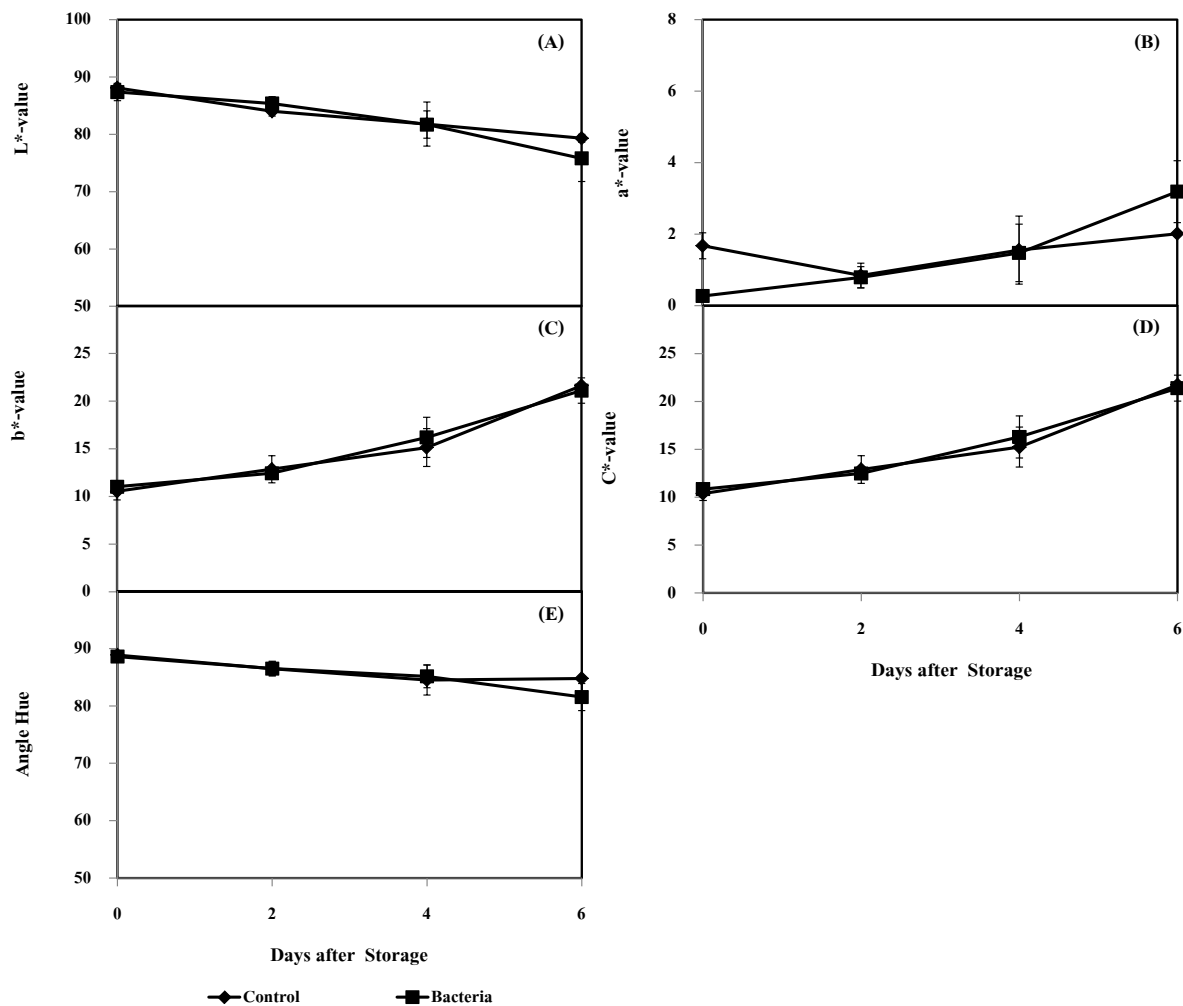
5. การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) ค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) ค่าความเข้มสี (C^*) และค่ามุมของสี (Angle hue: $^\circ H$) การเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณเปลือกหุ้มดอกและบริเวณแกนกลางดอกเห็ด พบว่า ค่า L^* (ภาพที่ 58A และ 59A) และ $^\circ H$ (ภาพที่ 46E และ 47E) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สำหรับค่า a^* (ภาพที่ 46B และ 47B) b^* (ภาพที่

46C และ 47C) และ C* (ภาพที่ 46D และ 47D) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นดอกเห็ดฟางเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง-น้ำตาลมากขึ้น



ภาพที่ 46การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

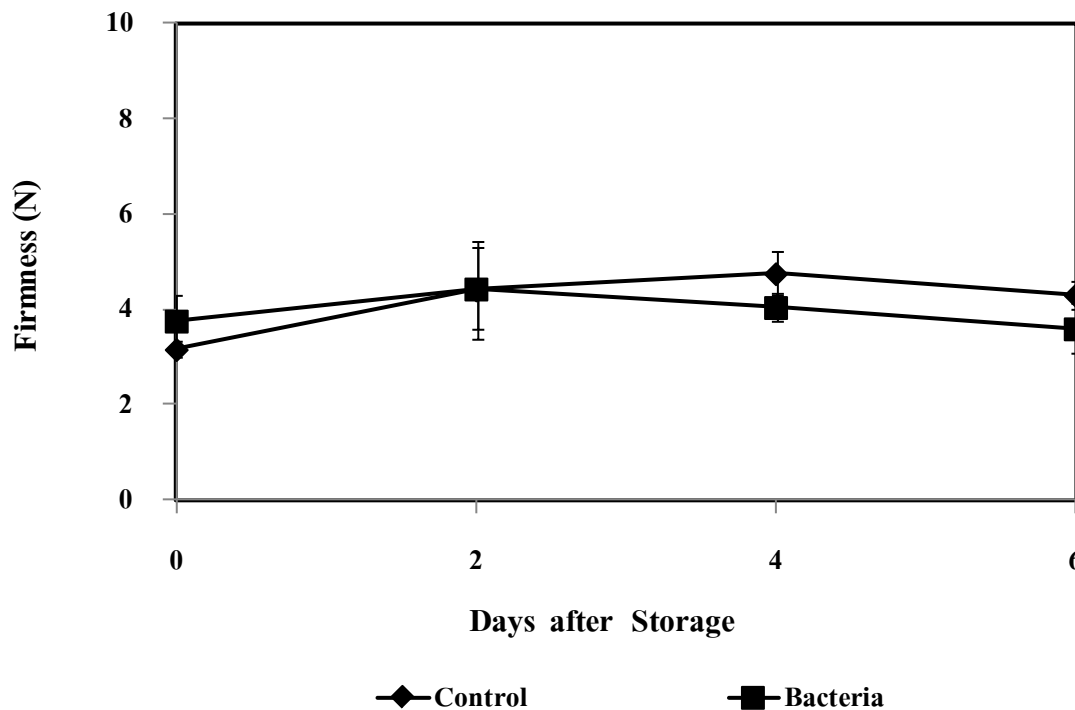


ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

6. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าค่าความแน่นเนื้อมีการลดลงอย่างช้าๆ แสดงให้เห็นว่าเห็ดฟางมีการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 48) การลดลงของค่าความแน่นเนื้อนั้น สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำ ทำให้เซลล์มีความเต่งลดลง พังเซลล์อ่อนตัวลง หรือทำให้เกิดการยิดเกาะระหว่างเซลล์กับเซลล์ที่อยู่ติดกันอ่อนแอลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและ

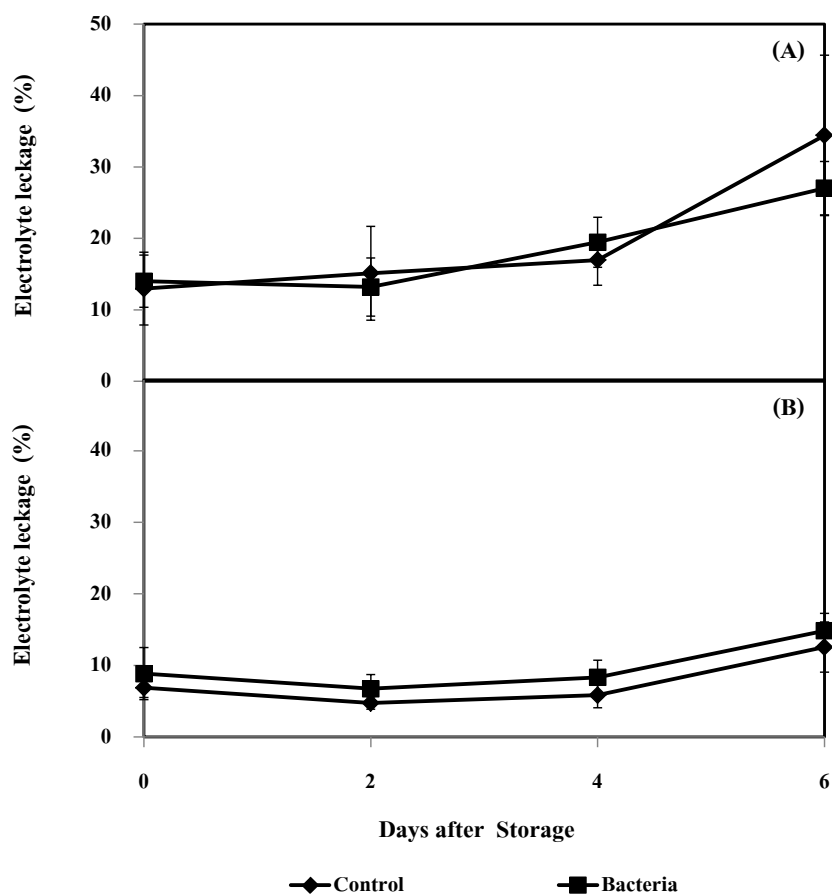
ก่อให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ เส้นใยหดตัว เกิดการหยุดชะงักของแวคิโอล เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ และการขยายตัวของช่องว่างระหว่างเซลล์ของหมวกหีต (Zivanovic *et al.*, 2000; Aday and Caner, 2013)



ภาพที่ 48 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

7. ค่าการรั่วไหลของประจุ

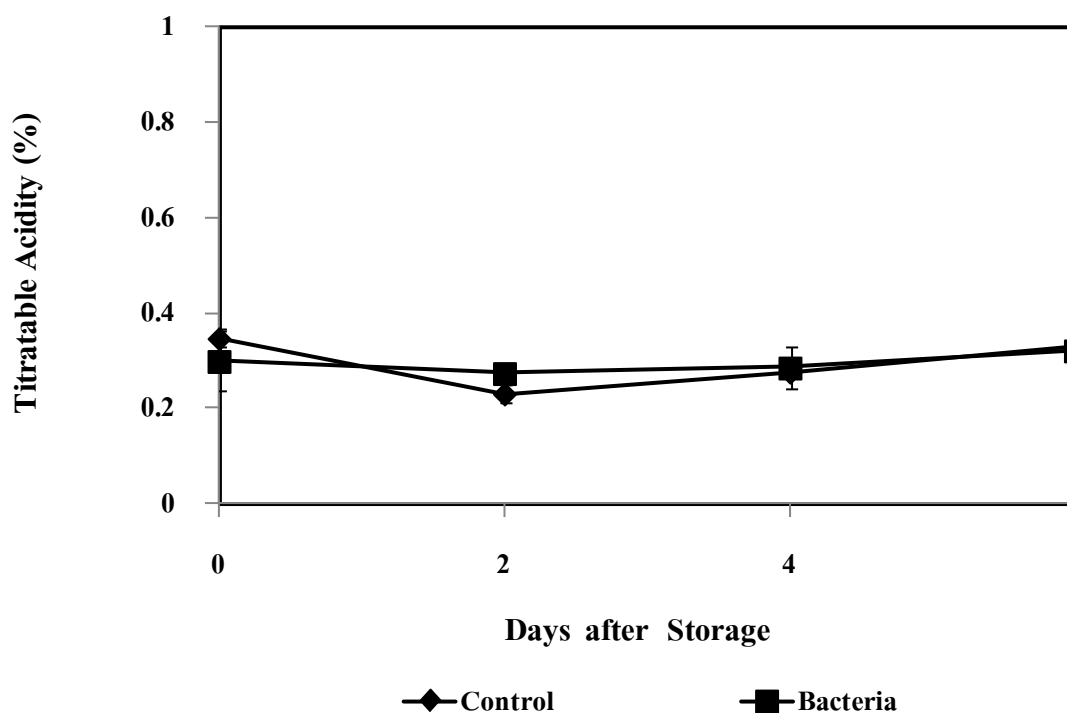
ค่าการรั่วไหลของประจุที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเสื่อมสภาพของเซลล์เห็ดฟาง (Jiang-Jun *et al.*, 2012) ซึ่งบ่งบอกถึงความเสียหายของเนื้อเยื่อโปรตีนและไขมันบนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารได้ (Tianjia *et al.*, 2013) จากการทดลองพบว่า การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟาง (ภาพที่ 61A) และบริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟาง (ภาพที่ 49B) มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าเห็ดฟางมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน



ภาพที่ 49 การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลางของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA)

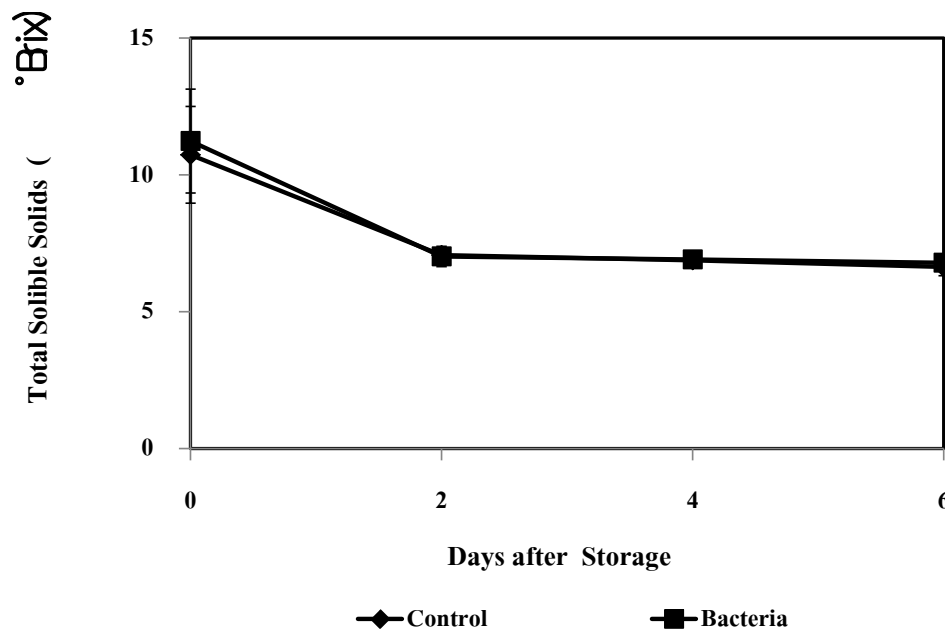
ปริมาณ TA ของเห็ดฟางเก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน (ภาพที่ 50)



ภาพที่ 50 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS)

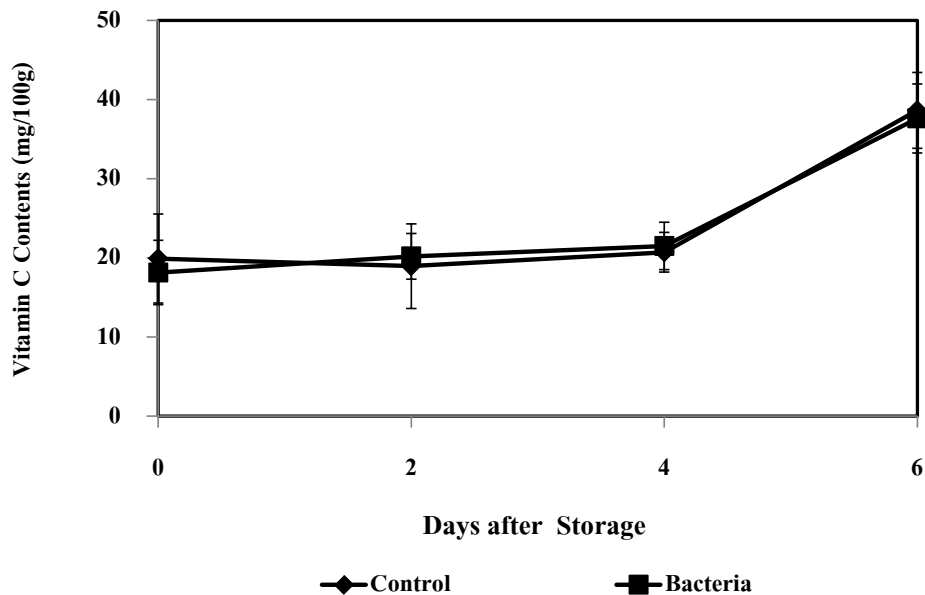
ปริมาณ TSS ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าลดลงเฉลี่ยจาก 10.99 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 6.71 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา และคงที่จนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 51) การลดลงของ ปริมาณ TSS เนื่องมาจากเห็ดฟางนำอาหารที่สะสมไว้ในรูปของน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึง เป็นผลให้ปริมาณ TSS ลดลง (Yaman and Bayoindirli, 2002)



ภาพที่ 51 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

10. ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C Content)

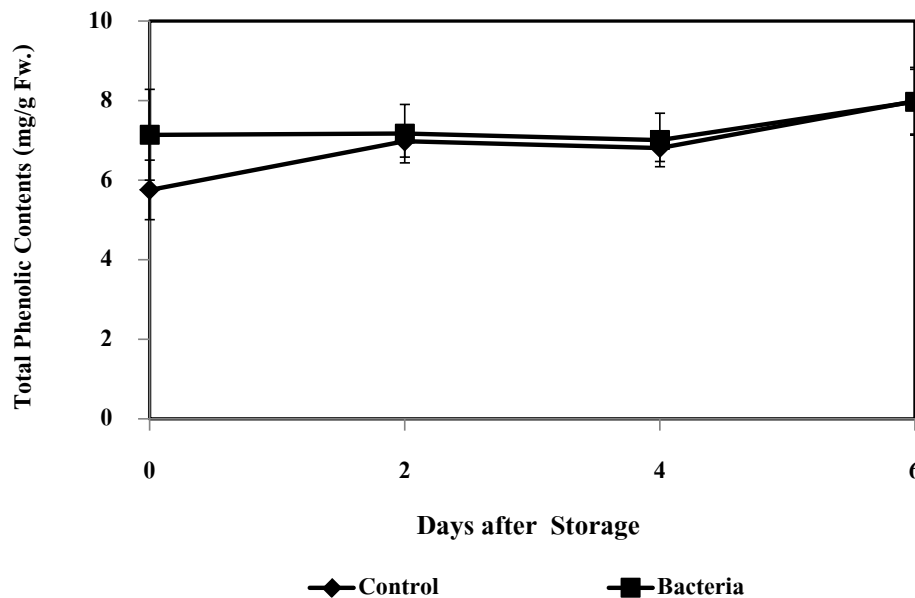
ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้พบว่าเห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีปริมาณวิตามินซีคงที่ตลอดระยะเวลา 4 วันของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 49) ทั้งนี้วิตามินซีที่เพิ่มขึ้นนี้อาจทำหน้าที่ไปทำปฏิกิริยากับสารควิโนนในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลของพืช เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่มีสี รวมถึงเป็นตัวจับออกซิเจนที่จำเป็นในการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสทำให้สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล (browning) ของเห็ดได้ (Golan-Goldhirsh and Whitaker, 1984 ; Hsu *et al.*, 1988)



ภาพที่ 52 ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

11. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolics)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติมแบคทีเรีย (Control) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างจากเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่เติมแบคทีเรีย (Bacteria) แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณฟีนอลิกทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 50) การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษานั้น เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดฟาง ทั้งนี้พบว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนสีในส่วนของบริษัทเปลือกหุ้มและแกนกลางของดอกเห็ดฟางเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจะทำให้ฟีนอลิกรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายยาวได้สารควิโนนและเกิดสีน้ำตาลขึ้น (จริงแท้, 2542)



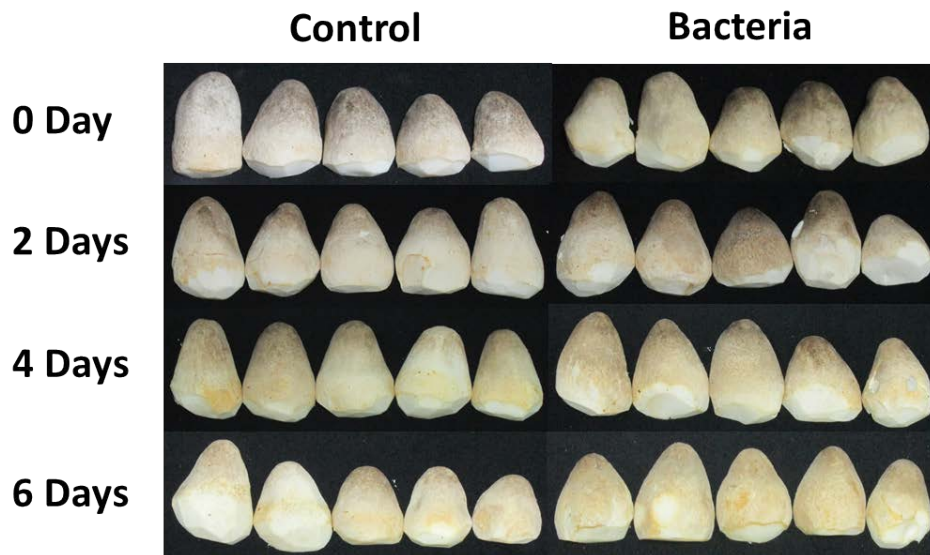
ภาพที่ 53 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

7.2 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผงในวัสดุเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิดและในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

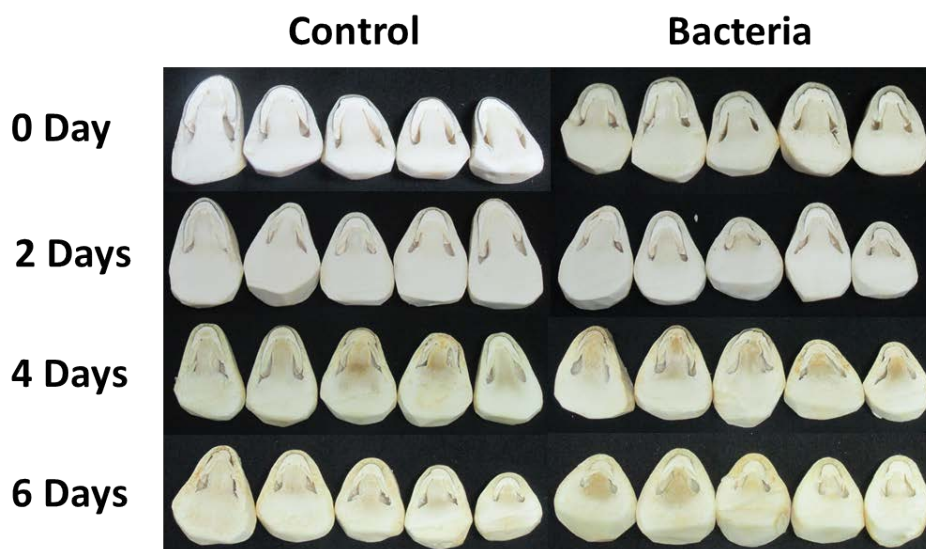
7.2.1 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผงในวัสดุเพาะเห็ดฟางเมื่อเพาะในโรงเรือนระบบปิด ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. อายุการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผง (Control) และที่เติมผงแบคทีเรีย (Bacteria) พบว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยมีลักษณะภายนอก (ภาพที่ 54) และลักษณะภายใน (ภาพที่ 55) คุณภาพลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น แต่ผลผลิตยังอยู่ในสภาพดีทั้งหมด และคุณภาพยังคงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค



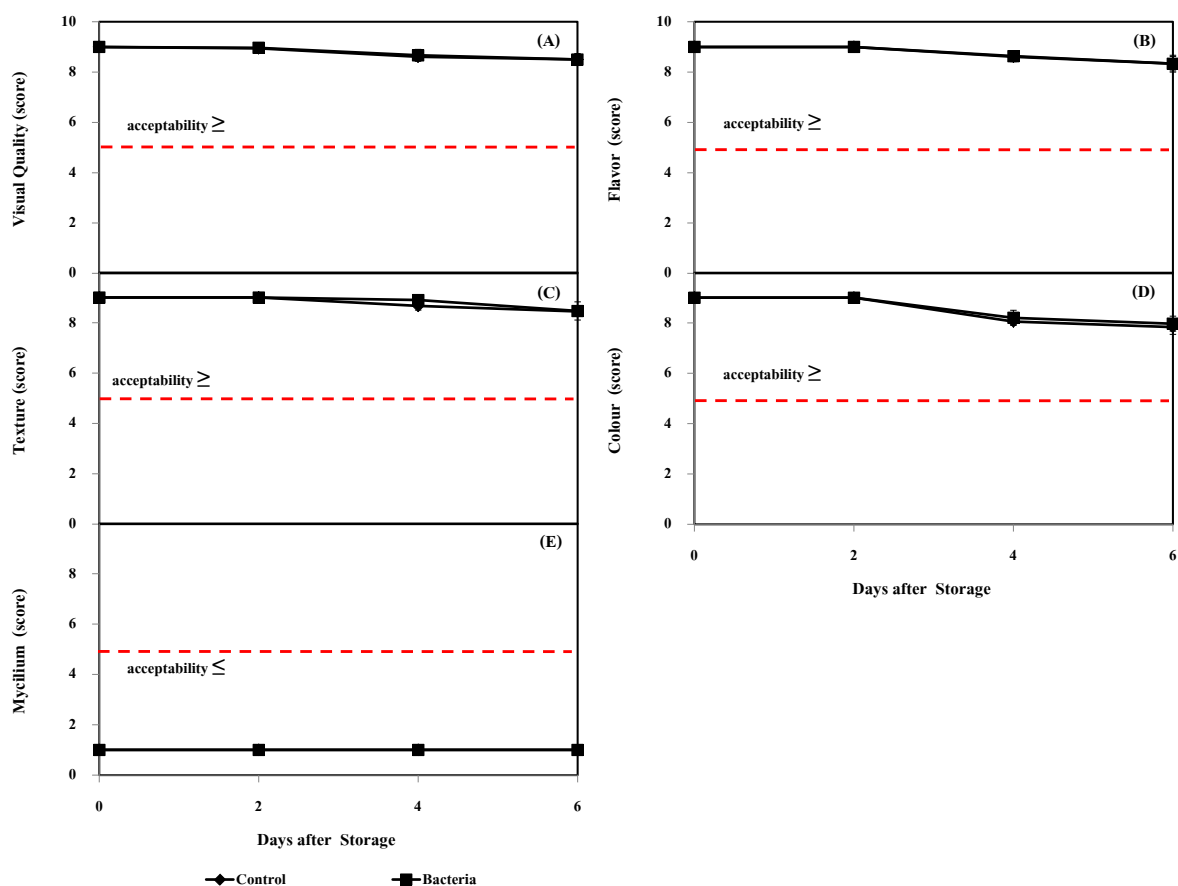
ภาพที่ 54 ลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 55 ลักษณะภายในของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

2. ลักษณะคุณภาพปรากฏ

ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (ภาพที่ 56A) กลิ่น (ภาพที่ 56B) เนื้อสัมผัส (ภาพที่ 56C) สี (ภาพที่ 56D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (ภาพที่ 56E) พบว่าเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผงในวัสดุเพาะ (Control) มีคุณภาพปรากฏไม่แตกต่างจากเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผง (Bacteria) ทั้งนี้คุณภาพปรากฏทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีคะแนนลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีคะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสี ไม่แตกต่างกัน โดยเริ่มพบการเปลี่ยนแปลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และลดลงจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา คะแนนเนื้อสัมผัส และคะแนนสีปรากฏที่ลดลง สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 59 และภาพที่ 60) รวมถึงค่าความหนืดของเห็ดฟางที่มีการอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 61)

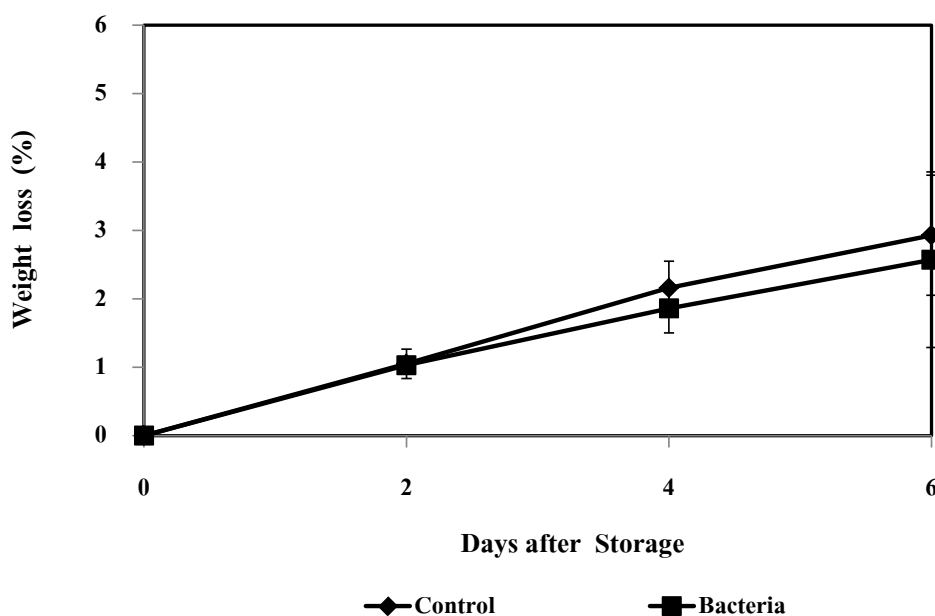


ภาพที่ 56 ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น (B)

เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E)ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

3. การสูญเสียน้ำหนัก

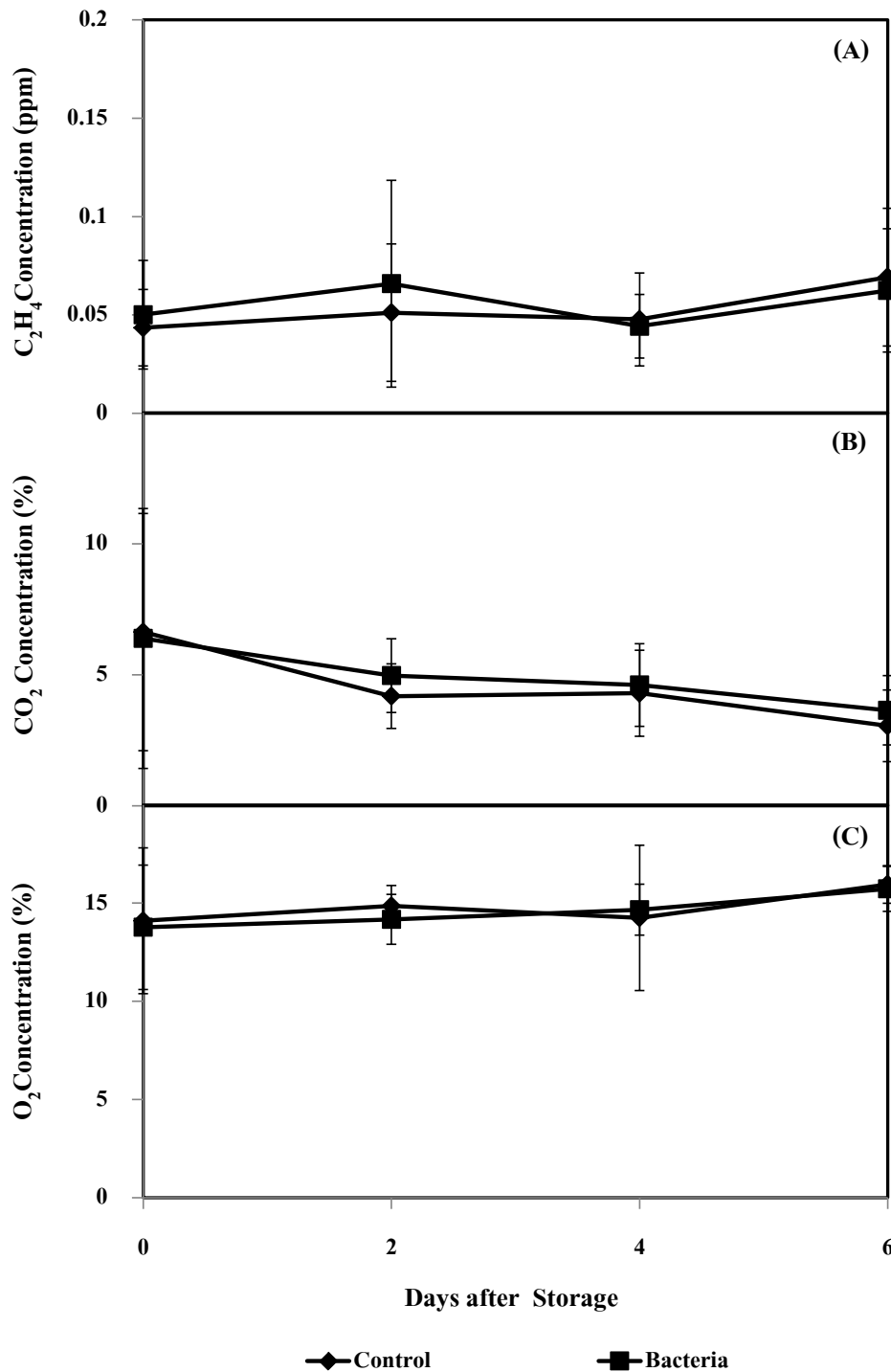
การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา โดยการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงสุดเฉลี่ย 2.75 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 57) ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักเกิดจากการระเหยของน้ำออกจากผลผลิตซึ่งเกิดจากกระบวนการหายใจและการคายน้ำ (Bico, 2009) ทั้งนี้มีรายงานว่าเห็ดสามารถสูญเสียน้ำหนักได้ 2.8-5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ด (Fernandes *et al.*, 2012)



ภาพที่ 57 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

4. สภาพบรรยากาศภายในถาขณะบรรจุ

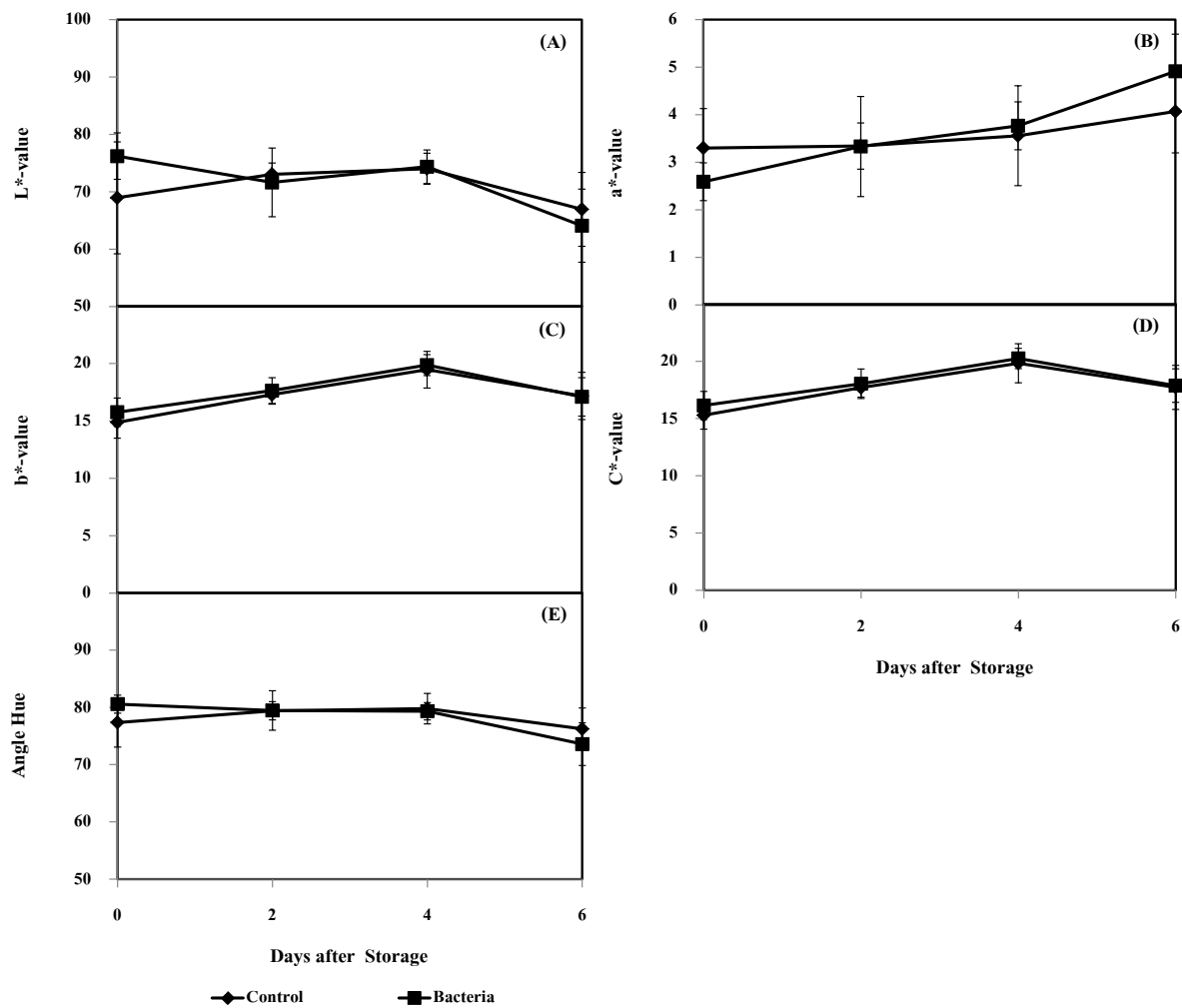
ความเข้มข้นของเอทิลีน (C_2H_4) (ภาพที่ 58A) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ภาพที่ 58B) และความเข้มข้นของออกซิเจน (O_2) (ภาพที่ 58C) ภายในภาชนะบรรจุหีตฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติมแบคทีเรีย (Control) มีค่าไม่แตกต่างจากหีตฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่เติมเชื้อแบคทีเรียชนิดผง (Bacteria) ทั้งนี้พบว่าก๊าซเอทิลีนและก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่มีค่าความเข้มข้นของ CO_2 ภายในภาชนะบรรจุมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยมีค่าเพิ่มสูงในวันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในวันแรกนั้นอาจเนื่องมาจากการตัดแต่งหีตฟางเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออกเป็นการสร้างบาดแผลกับผลิตผล ทำให้เกิดการหายใจเพิ่มสูงขึ้น (Mehmet, 2016)



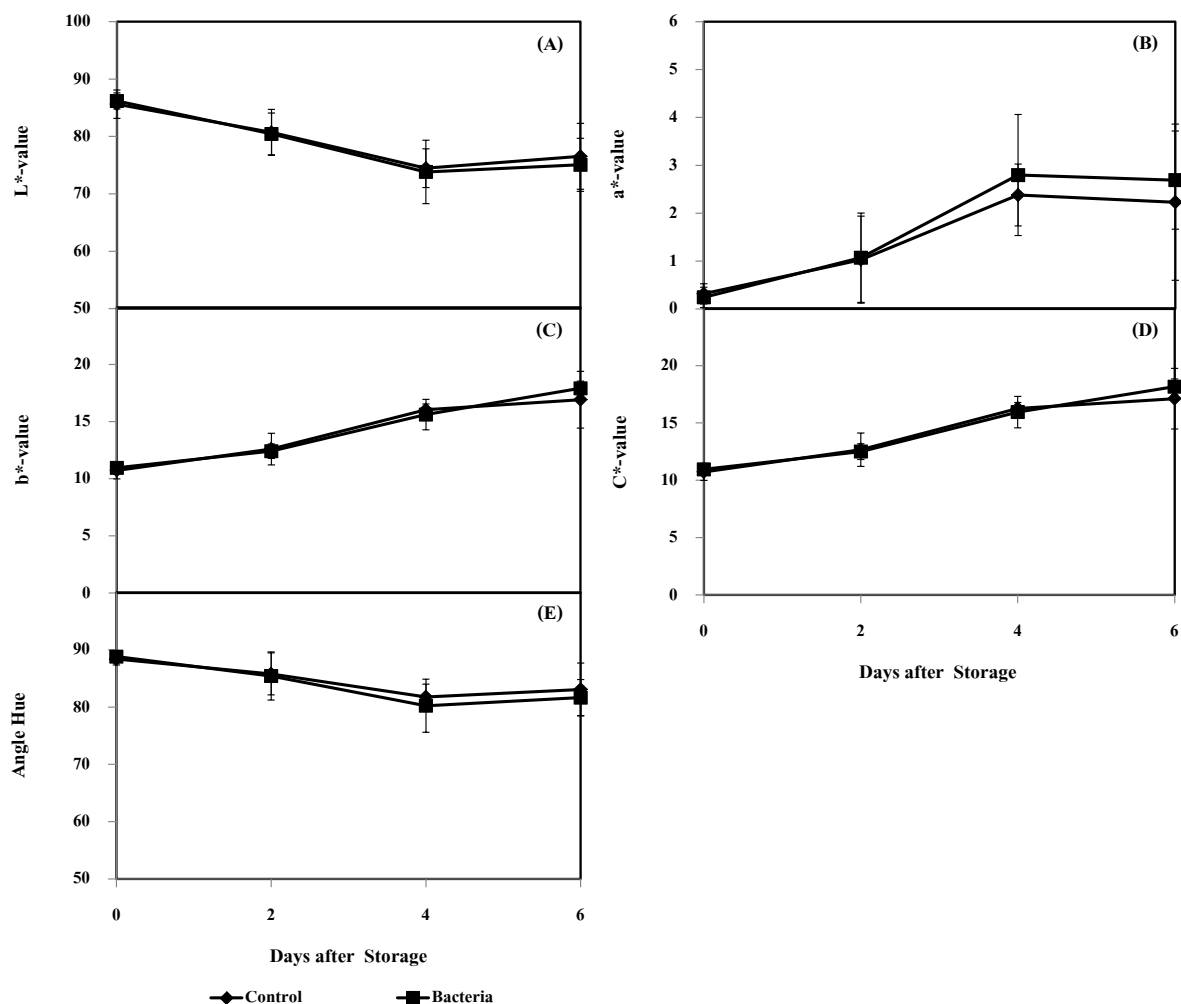
ภาพที่ 58 ความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

5. การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) (ภาพที่ 71A และภาพที่ 72A) ค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) (ภาพที่ 59B และภาพที่ 60B) ค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) (ภาพที่ 59C และภาพที่ 60C) ค่าความเข้มสี (C^*) (ภาพที่ 59D และภาพที่ 60D) และค่ามุมของสี (Angle hue: $^\circ H$) (ภาพที่ 59E และภาพที่ 60E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรียชนิดผง (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ด พบว่า ค่า L^* (ภาพที่ 59A) และ $^\circ H$ (ภาพที่ 59E) มีค่าลดลงในวันที่ 6 ค่า a^* ของเห็ดฟาง Control เพิ่มขึ้นในวันที่ 6 แต่สำหรับเห็ดฟาง Bacteria ค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 59B) ค่า b^* (ภาพที่ 59C) และ C^* (ภาพที่ 59D) ค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งถึงวันที่ 4 และมีค่าคงที่ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณแกนกลางดอกเห็ด พบว่า ค่า L^* (ภาพที่ 60A) และ $^\circ H$ (ภาพที่ 60E) ลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และคงที่ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และค่า a^* (ภาพที่ 60B) b^* (ภาพที่ 60C) และ C^* (ภาพที่ 60D) เพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 และเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นสีดอกเห็ดฟางเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-น้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนสีที่มีค่าลดลง (ภาพที่ 56D) การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดฟางเป็นลักษณะสำคัญที่บ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งเกิดจากกระบวนการชราภาพ ส่งผลให้ผนังเซลล์เสื่อมสภาพ ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ของเซลล์ (Braaksma *et al.*, 1994) จึงเป็นเหตุให้เกิดการรั่วไหลของประจุที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 62)



ภาพที่ 59 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้ม
 ดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิด
 ผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90
 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

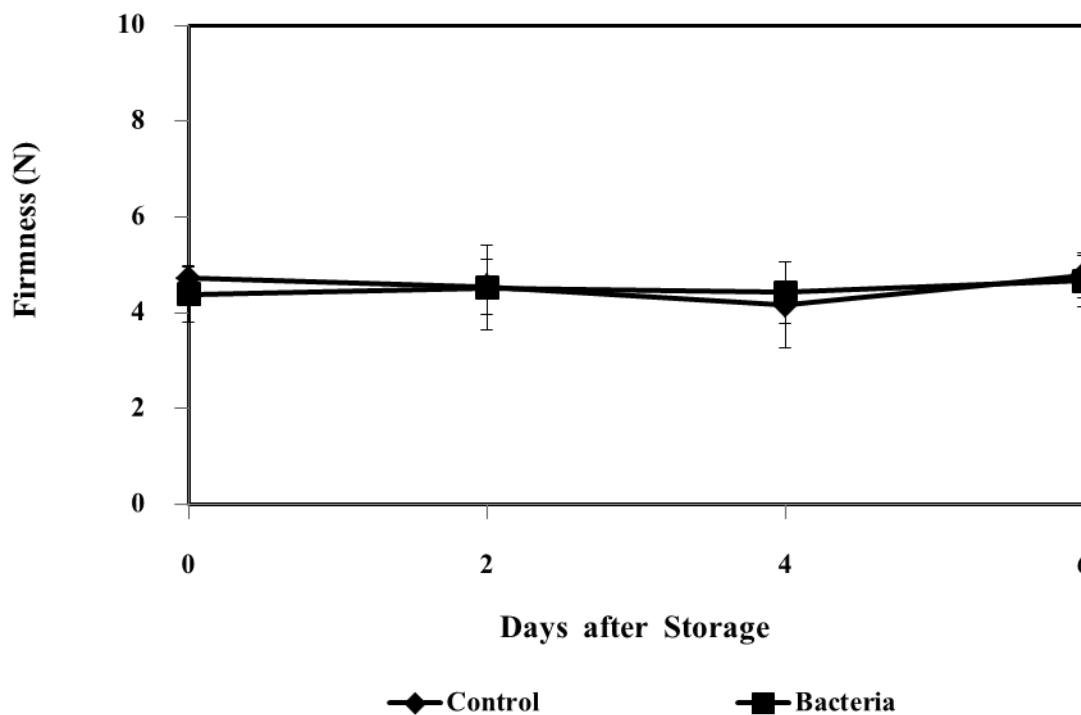


ภาพที่ 60 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

6. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของเห็ดฟาง ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ (ภาพที่ 61) สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำ ทำให้เซลล์มีความเต่งลดลง ผนังเซลล์อ่อนตัวลง หรือทำให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเซลล์กับเซลล์ที่อยู่ติดกันอ่อนแอลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทาง

สัณฐานวิทยาและก่อให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ เส้นใยหดตัว เกิดการหยุดชะงักของ
 แวกีโอล เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ และการขยายตัวของช่องว่างระหว่างเซลล์ของหมวกหีต
 (Zivanovic *et al.*, 2000; Aday and Caner, 2013)

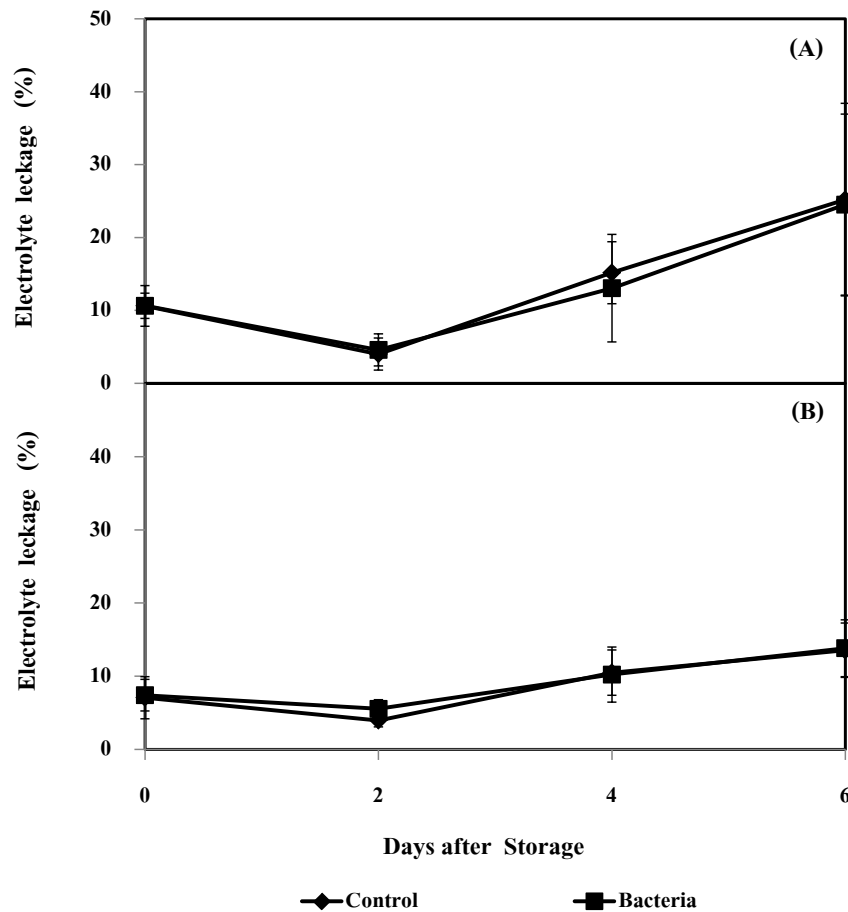


ภาพที่ 61 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

7. การร่วงไหลของประจุ

การร่วงไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอกและบริเวณแกนกลางดอกเห็ดมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุดเฉลี่ย 24.85 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 62A) และการร่วงไหลของเห็ดฟางบริเวณแกนกลางดอกเห็ดที่มีค่าสูงสุดเฉลี่ย 13.65 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 62B) ซึ่งค่าการร่วงไหลของเห็ดฟางทั้ง 2 ทริตเมนต์มีค่าไม่แตกต่างกัน การเพิ่มขึ้นของการร่วงไหลของประจุตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าเห็ดฟางมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Jiang-Jun *et al.*, 2012) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน ซึ่งค่าการร่วงไหลของประจุบ่งบอกถึงความ

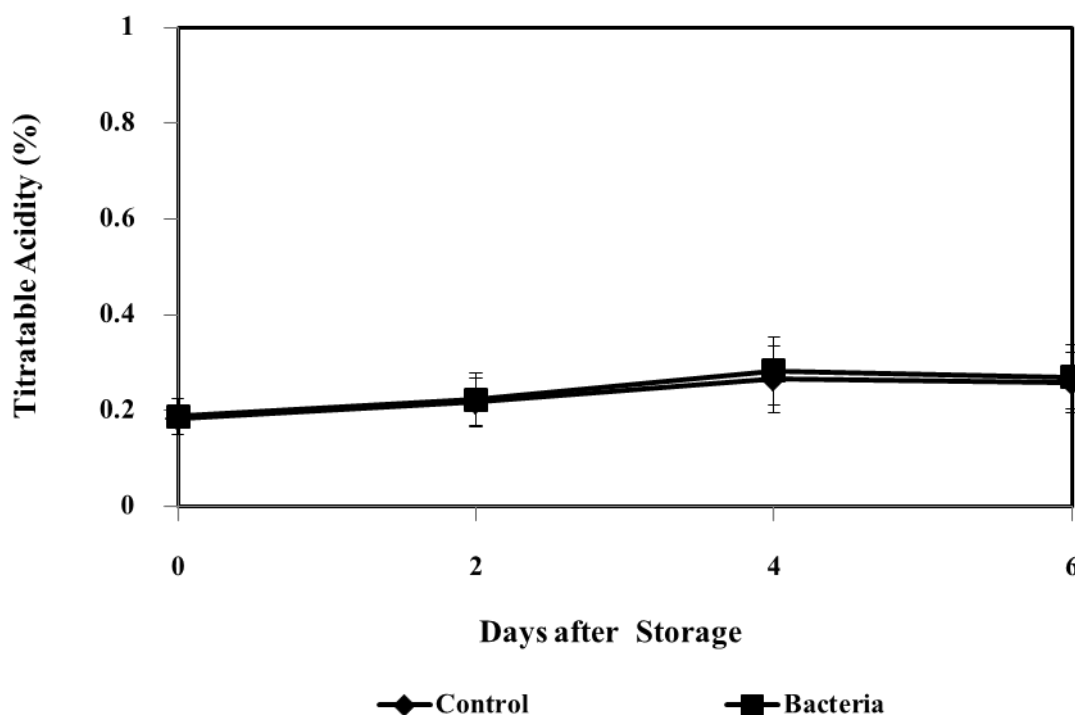
เสียหายของเนื้อเยื่อโปรตีนและไขมันบนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารได้ (Tianjia *et al.*, 2013)



ภาพที่ 62 การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลางของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA)

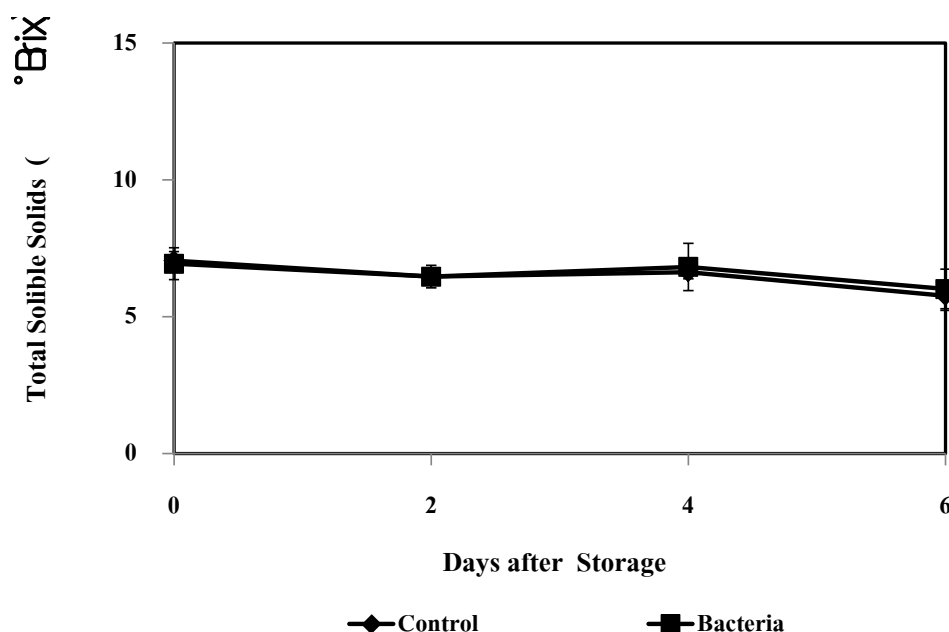
ปริมาณ TA ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน (ภาพที่ 63)



ภาพที่ 63 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titrateable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในระดับห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS)

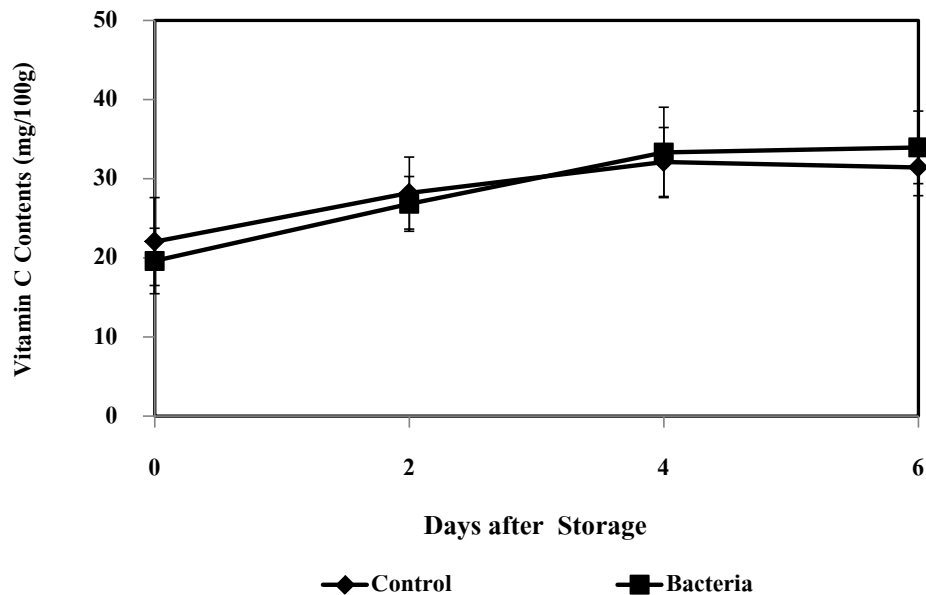
ปริมาณ TSS ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน (ภาพที่ 64) การลดลงของปริมาณ TSS เนื่องมาจากเห็ดฟางนำอาหารที่สะสมไว้ในรูปของน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึงเป็นผลให้ปริมาณ TSS ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Yaman and Bayoindirli, 2002)



ภาพที่ 64 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

10. ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C Content)

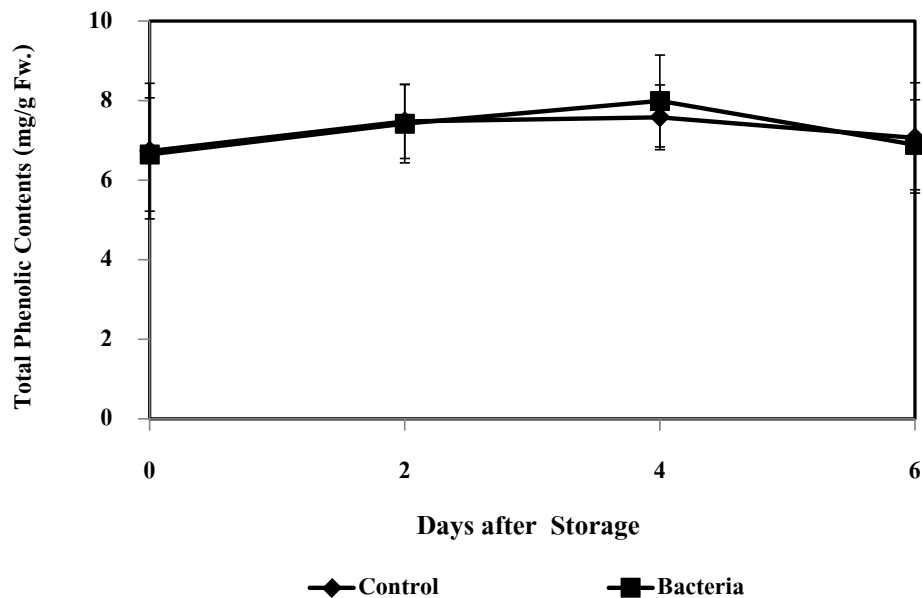
ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 4 และคงที่จนกระทั่งถึงวันที่ 6 (ภาพที่ 65) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของวิตามินซีนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนรูปของวิตามินซีไปอยู่ในรูป dehydroascorbic acid ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เสถียร พร้อมจะเกิดการเสื่อมสภาพและสลายตัวโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเปลี่ยนไปเป็นกรด 2,3-ไดคิโดกูโลนิก ที่ไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี (Gregory III, 2008)



ภาพที่ 65 ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

11. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มมีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 66) การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษานั้น เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดฟาง ทั้งนี้พบว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนสีในส่วนของบริษัทเปลือกหุ้มและแกนกลางของดอกเห็ดฟางเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจะทำให้ฟีนอลิกรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายยาวได้สารควิโนนและเมลานินที่เป็นสารให้สีน้ำตาลในที่สุด (จริงแท้, 2542)

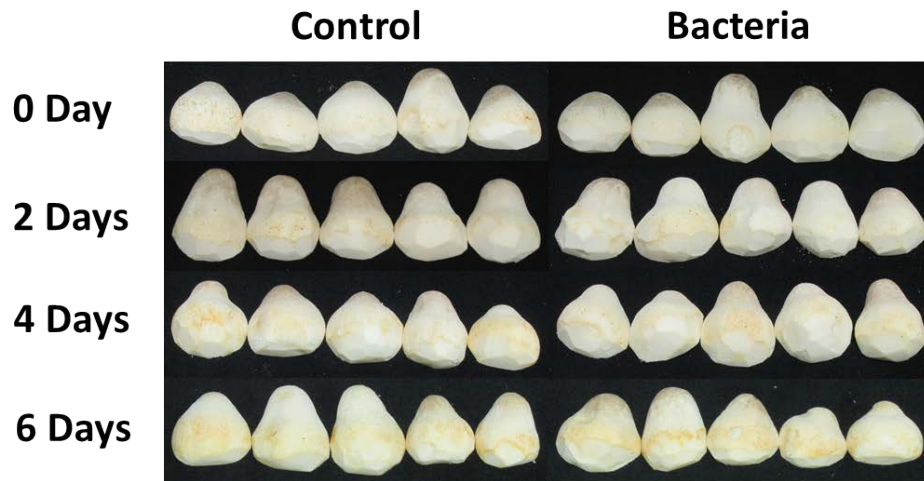


ภาพที่ 66 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนระบบปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

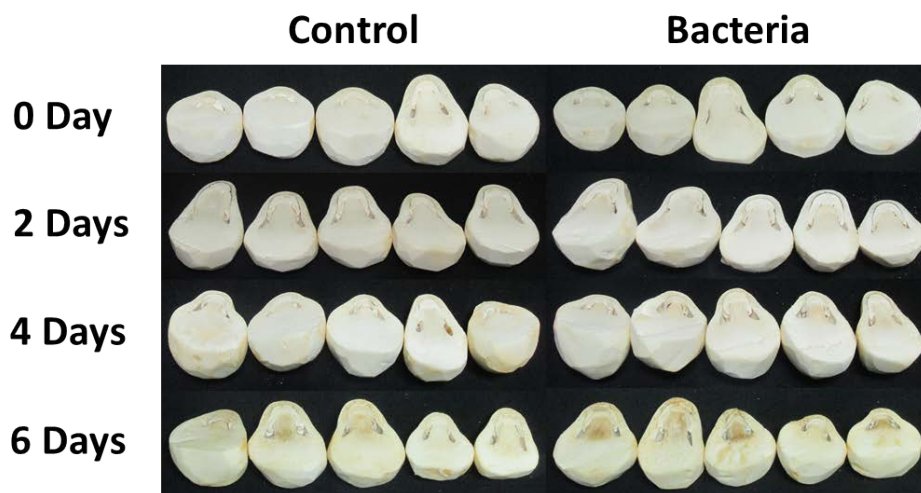
7.2.2 คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เพาะจากวัสดุเพาะที่มีการเติมแบคทีเรียชนิดผงในวัสดุเพาะเห็ดฟางเมื่อเพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. อายุการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากการผลิตในระดับโรงเรือนแบบเชื้อผงที่ไม่เติม (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) พบว่า เห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากก้อนเชื้อทั้ง 2 ชนิด มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยมีลักษณะภายนอก (ภาพที่ 67) และลักษณะภายใน (ภาพที่ 68) คุณภาพลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้น แต่คุณภาพยังคงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค



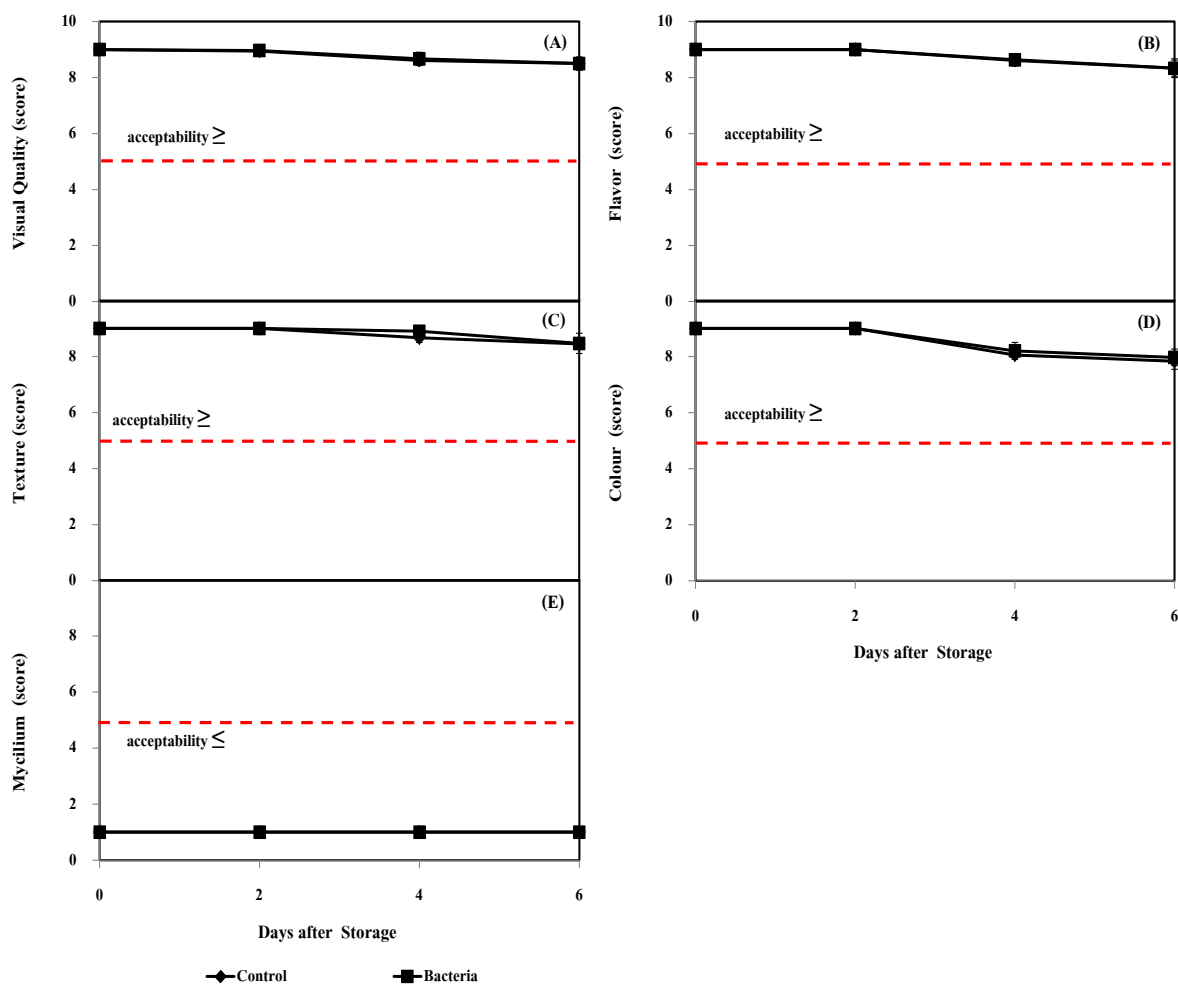
ภาพที่ 67 ลักษณะภายนอกของฟันที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 68 ลักษณะภายในของฟันที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

2. ลักษณะคุณภาพปรากฏ

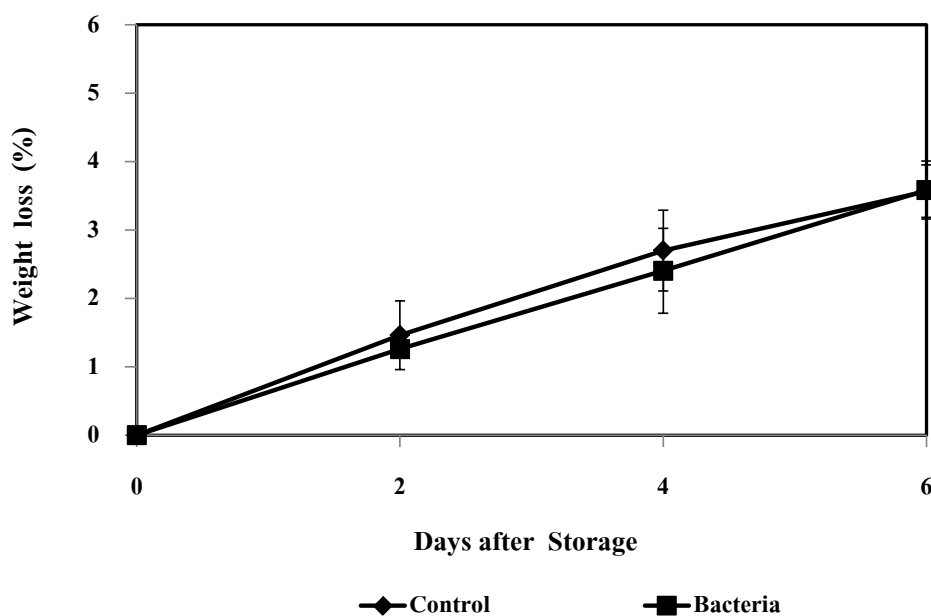
ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (ภาพที่ 81A) กลิ่น (ภาพที่ 69B) เนื้อสัมผัส (ภาพที่ 69C) สี (ภาพที่ 69D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (ภาพที่ 69E) พบว่าเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผง มีคุณภาพปรากฏลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้น โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีคะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา กลิ่น เนื้อสัมผัส และสี ไม่แตกต่างกัน และมีคุณภาพปรากฏลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นที่และยังคงมีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 8-9 คะแนน ยกเว้นการเจริญของเส้นใยที่มีคะแนนเท่ากับ 1 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์ยังมีคุณภาพที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน



ภาพที่ 69 ลักษณะคุณภาพปรากฏประเมินจากการให้คะแนนคุณภาพที่มองเห็นด้วยตา (A) กลิ่น (B) เนื้อสัมผัส (C) สี (D) และการเจริญเติบโตของเส้นใย (E) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

3. การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา (ภาพที่ 70) การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในและภายนอกผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำแพร่ผ่านเซลล์พืช ทำให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์ลดลง (จริงแท้, 2542 ; Bico, 2009) ทั้งนี้มีรายงานว่า เห็ดสามารถสูญเสียน้ำหนักได้ 2.8-5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ด (Fernandes *et al.*, 2012)

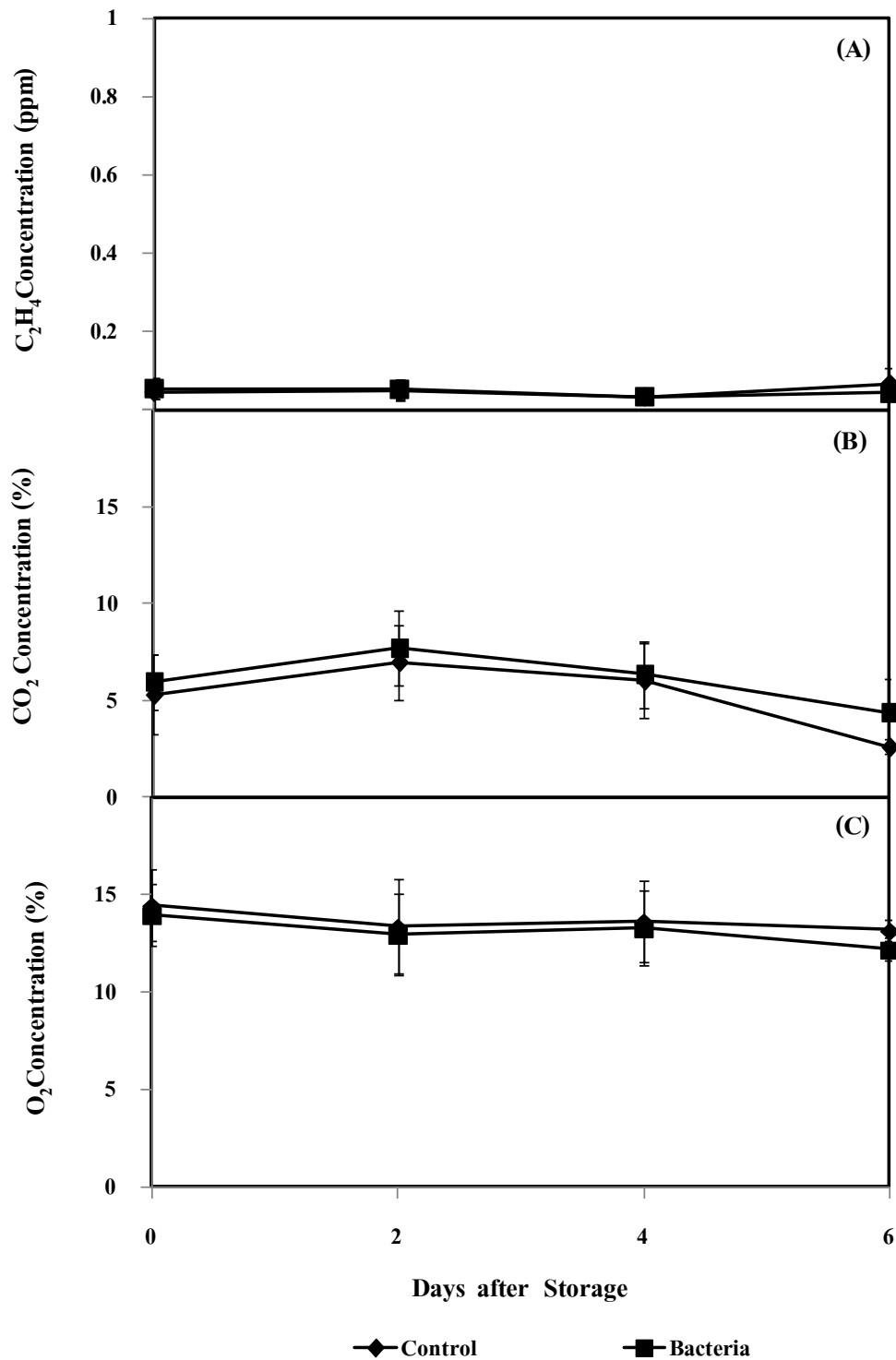


ภาพที่ 70 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

4. สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

จากการตรวจสอบสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟาง พบว่า เห็ดฟางทั้ง 2 ทริตเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของเอทิลีน (C_2H_4) (ภาพที่ 71A) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ภาพที่ 83B) และก๊าซออกซิเจน (O_2) (ภาพที่ 71C) ภายในภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกันโดยพบว่าก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) และก๊าซออกซิเจน (O_2) มีค่าคงที่ระหว่าง 0.01-0.03 เปอร์เซ็นต์ และ 14-15 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการ

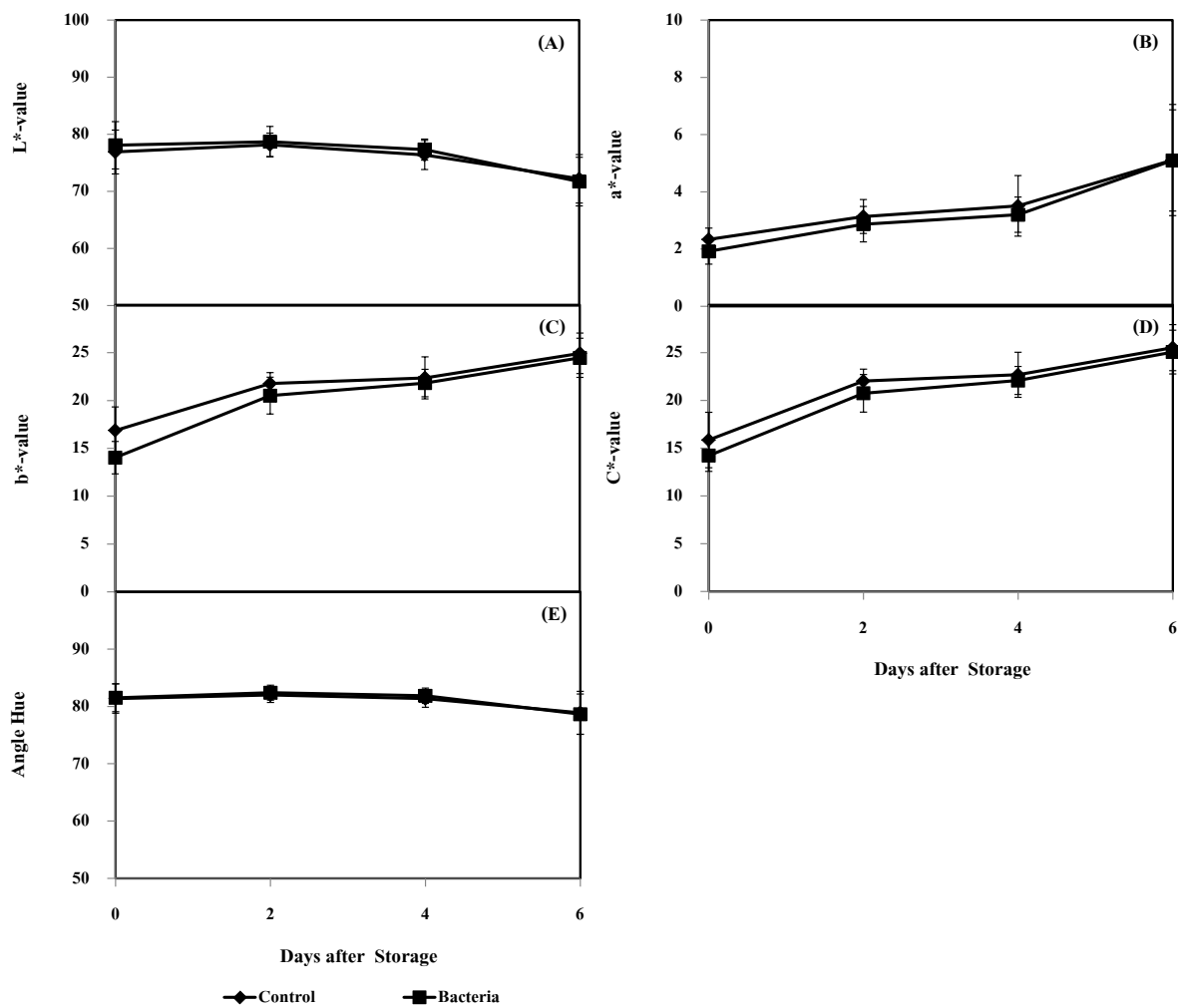
เก็บรักษา 6 วัน ตามลำดับ ขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 3-7 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของพรรณี (2550) และอภิตา และคณะ (2555) ที่พบว่าการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์หรือถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเจาะรู 16 รูเข็มให้ได้นาน 6 วัน ควรมีระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุระหว่าง 4-10 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของเอทิลีนมีค่าระหว่าง 0.03-0.2 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 5-20 เปอร์เซ็นต์



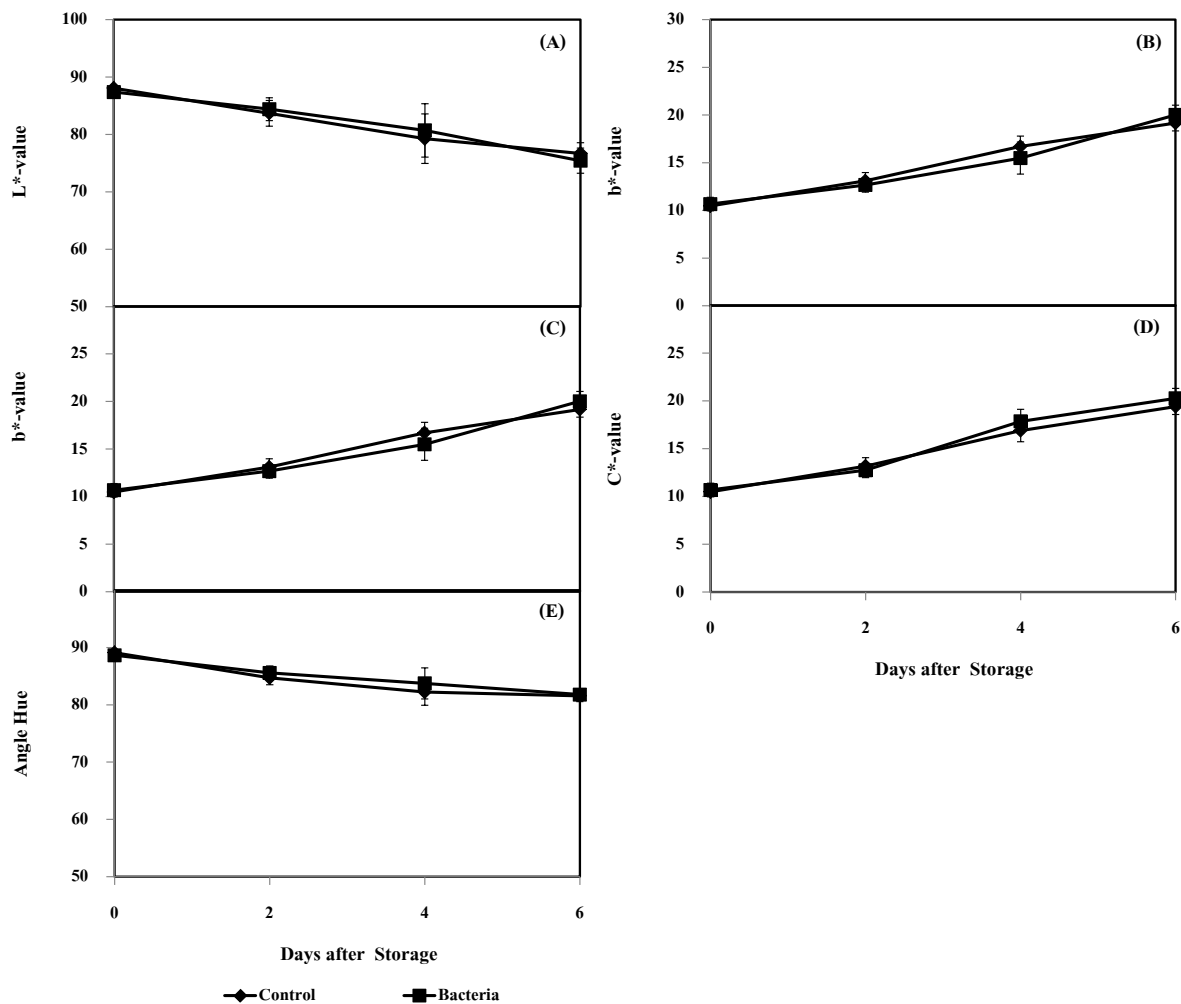
ภาพที่ 71 ความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีน (A) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (B) และความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน (C) ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

5. การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) ค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) ค่าความเข้มสี (C^*) และค่ามุมของสี (Angle hue: $^\circ H$) บริเวณเปลือกหุ้ม (ภาพที่ 84) และแกนกลาง (ภาพที่ 73) ดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน การเปลี่ยนค่า L^* (ภาพที่ 72A) และ $^\circ H$ (ภาพที่ 72E) ของเห็ดฟางบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดมีค่าลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และค่า a^* (ภาพที่ 72B) b^* (ภาพที่ 72C) และ C^* (ภาพที่ 72D) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟาง พบว่า ค่า L^* (ภาพที่ 73A) และ $^\circ H$ (ภาพที่ 73E) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ค่า a^* (ภาพที่ 73B) b^* (ภาพที่ 73C) และ C^* (ภาพที่ 73D) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา นี่แสดงให้เห็นว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดฟางเป็นลักษณะสำคัญที่บ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งเกิดจากกระบวนการชราภาพ ส่งผลให้ผนังเซลล์เสื่อมสภาพ ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ของเซลล์ (Braaksma *et al.*, 1994) จึงเป็นเหตุให้เกิดการรั่วไหลของประจุที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 75)



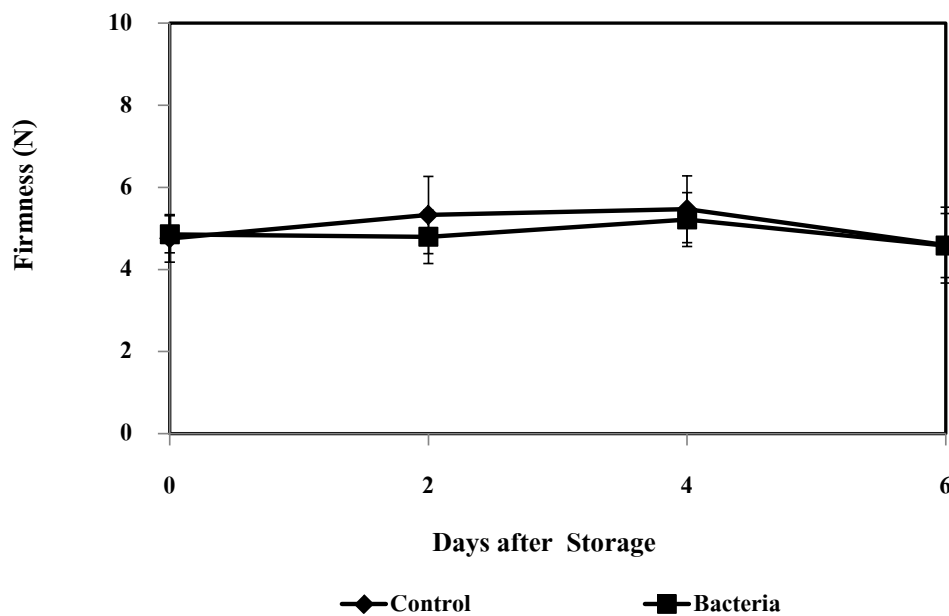
ภาพที่ 72 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิด ผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 73 การเปลี่ยนแปลงค่า L* (A) ค่า a* (B) ค่า b* (C) ค่า C* (D) และ Angle hue (E) บริเวณแกนกลางดอกเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

6. ความแน่นเนื้อ

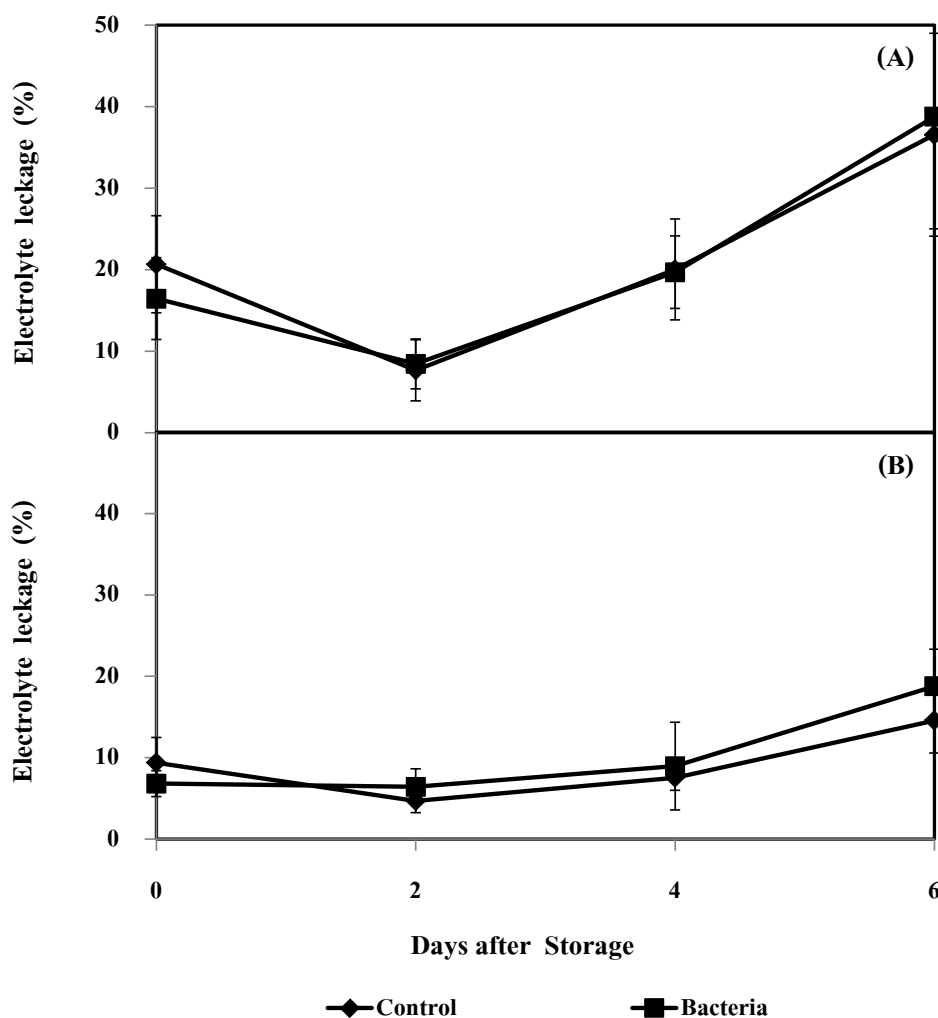
ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน และพบความแน่นเนื้อลดลงอย่างช้าๆ (ภาพที่ 74) ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเห็ดได้ (จุฬารณ, 2545) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต่งของเซลล์ลดลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อเห็ดฟาง ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง



ภาพที่ 74 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

7. การร่วงไหลของประจุ

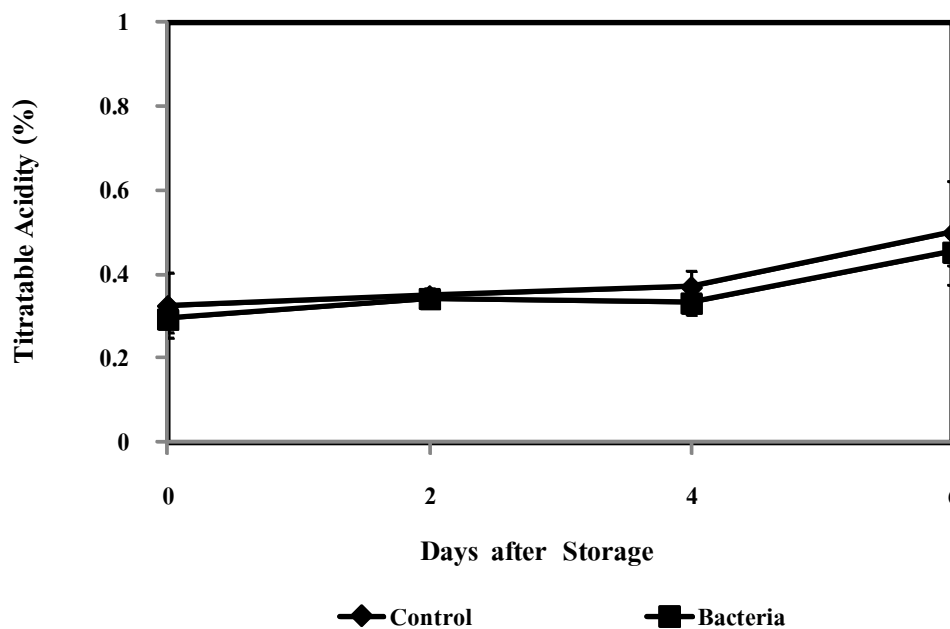
การร่วงไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้ม (ภาพที่ 75A) และบริเวณแกนกลาง (ภาพที่ 75B) ของดอกเห็ดฟางทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าเห็ดฟางมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Jiang-Jun *et al.*, 2012) ซึ่งค่าการร่วงไหลของประจุบ่งบอกถึงความเสียหายของเนื้อเยื่อโปรตีนและไขมันบนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสารได้ (Tianjia *et al.*, 2013)



ภาพที่ 75 การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอก (A) และบริเวณแกนกลาง (B) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนของเกษตรกรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 6 วัน

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA)

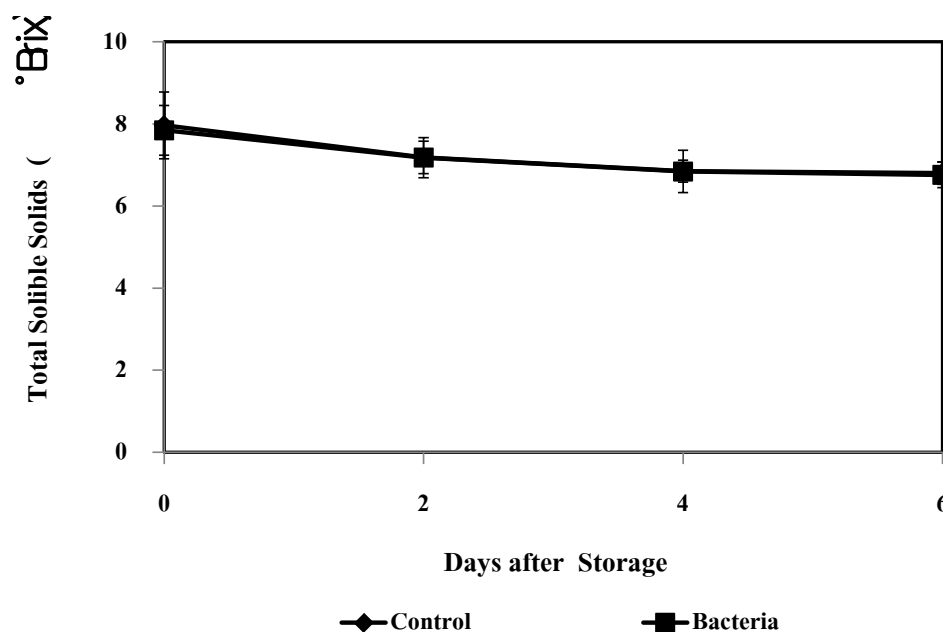
ปริมาณ TA ของเห็ดฟางจากเชื้อผงทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 76) อาจเป็นเพราะเห็ดฟางยังมีชีวิตจึงการหายใจซึ่งในกระบวนการหายใจในวัฏจักรไตรคาร์บอกซิลิกแอซิดมีการผลิตกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TA และการลดลงของปริมาณ TSS (ภาพที่ 77) อย่างซ้ำๆ ทั้งนี้เป็นเพราะการเก็บรักษาเห็ดฟางในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่บรรจุถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ที่อุณหภูมิต่ำ 15 องศาเซลเซียส ช่วยลดอัตราการหายใจของผลิตผลได้ (จริงแท้, 2542)



ภาพที่ 76 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS)

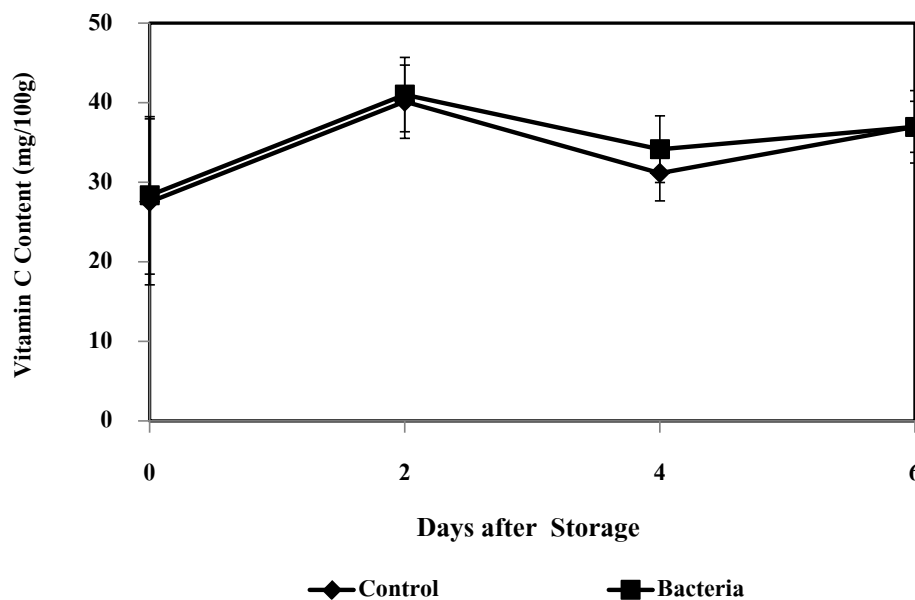
ปริมาณ TSS ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงลดลงตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และคงที่จนถึงวันที่ 6 (ภาพที่ 77) การลดลงของปริมาณ TSS เนื่องมาจากเห็ดฟางนำอาหารที่สะสมไว้ในรูปของน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึงเป็นผลให้ปริมาณ TSS ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Yaman and Bayoindirli, 2002)



ภาพที่ 77 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) ของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 6 วัน

10. ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C Content)

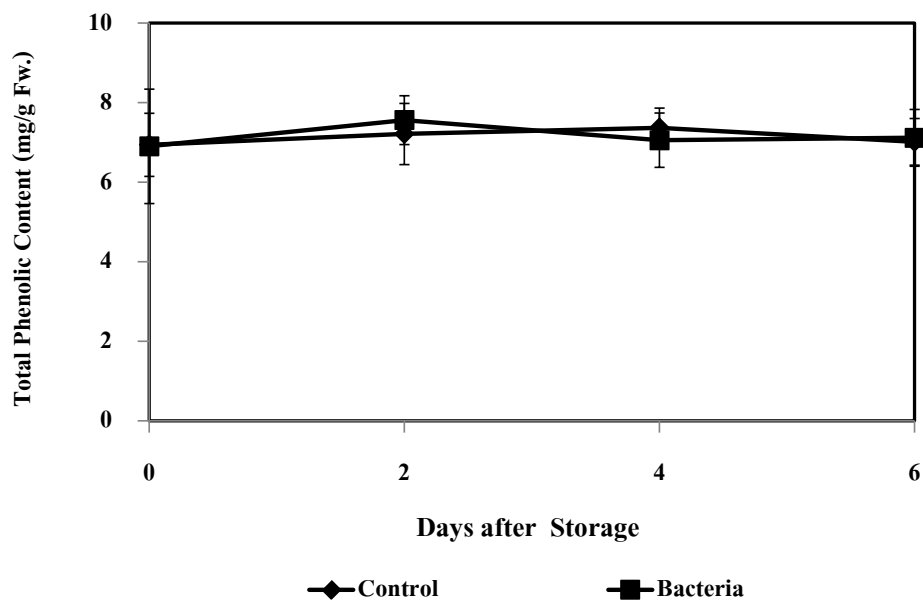
ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นจึงลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 78) ทั้งนี้วิตามินซีที่เพิ่มขึ้นนี้อาจทำหน้าที่ไปทำปฏิกิริยากับสารควิโนนในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลของพืช เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่มีสี รวมถึงเป็นตัวจับออกซิเจนที่จำเป็นในการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสทำให้สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล (browning) ของเห็ดได้ (Golan-Goldhirsh and Whitaker, 1984 ; Hsu *et al.*, 1988)



ภาพที่ 78 ปริมาณวิตามินซีของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร รักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

11. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 79)



ภาพที่ 79 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่เติม (Control) และเติมเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดผงในโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน

ผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการส่งตัวอย่างดอกเห็ดฟางที่ได้จากการเพาะแบบเติมและไม่เติมแบคทีเรียลงบนวัสดุเพาะ ไปตรวจหาคุณค่าทางโภชนาการ ที่ห้องปฏิบัติการสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ผลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 5 ตารางโภชนาการเปรียบเทียบระหว่าง ตัวอย่างเห็ดฟาง Control และ Treatment จากโรงเพาะเห็ดระบบปิด และโรงเพาะเห็ดของเกษตรกรที่ จ.พระนครศรีอยุธยา

ชนิดการทดสอบ	ตัวอย่างเห็ดฟาง			
	บางเขน (Control)	บางเขน (Treatment)	อยุธยา (Control)	อยุธยา (Treatment)
Energy(kcal)	36.97	34.75	38.88	40.16
Moisture(g)	89.735	90.32	89.355	89.025
Protein(Nx6.25)(g)	3.07	3.155	3.05	3.14
Total fat(g)	0.19	0.17	0.14	0.16
Total carbohydrate(g)	5.745	5.25	6.355	6.54
Ash(g)	1.26	1.205	1.1	1.135
Calcium(mg)	0.935	0.83	0.885	0.91
Phosphorus(mg)	117.095	126.1	120.565	126.01
Sodium(mg)	8.115	9.95	10.34	9.47
Potassium(mg)	357.055	359.47	347.615	338.715
Magnesium(mg)	7.845	7.83	7.845	8.23
Iron(mg)	0.425	0.46	0.6	0.555
Copper(mg)	0.26	0.22	0.23	0.225
Zinc(mg)	0.59	0.555	0.74	0.775

8. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเปรียบเทียบระหว่างการเพาะเห็ดฟางแบบฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นแบบที่เรื้อย โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆ ในทุกขั้นตอนของการเพาะตั้งแต่เริ่มจนได้ผลผลิตสุดท้าย โดยเปรียบเทียบต้นทุนค่าวัสดุเพาะ ค่าหัวเชื้อเห็ดฟาง อาหารเสริม คิดเป็นราคาต้นทุนต่อพื้นที่เพาะเห็ด 1 ตารางเมตร และเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดที่ได้เป็นกิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบกับปริมาณ น้ำหนักของเห็ดฟาง

ตารางที่ 6 ราคาวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดฟาง

รายการ	หน่วย	ราคา(บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	ก้อน	35
ขี้เถ้า	กิโลกรัม	5
รำข้าว	กิโลกรัม	20
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	กิโลกรัม	75
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	กิโลกรัม	75
แป้งข้าวเหนียว	กิโลกรัม	30
ปูนขาว	กิโลกรัม	20
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	กิโลกรัม	13
แก๊สหุงต้ม	ถัง 48 กิโลกรัม	1100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ การเพาะครั้งที่ 1

ตารางที่ 7 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 1

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	8 ก้อน	35	280
ขี้เถ้า	200 กิโลกรัม	5	1,000
รำข้าว	20 กิโลกรัม	20	400
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	2 กิโลกรัม	75	150
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม	75	150
แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม	35	70
ปูนขาว	4 กิโลกรัม	20	80
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	40 ก้อน	13	520
แก๊สหุงต้ม	1 ถัง 48 กิโลกรัม	1,100	1,100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	-	0
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			4,350
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			135.94

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ การเพาะครั้งที่ 2

ตารางที่ 8 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 2

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	8 ก้อน	35	280
ขี้เถ้า	200 กิโลกรัม	5	1,000
รำข้าว	20 กิโลกรัม	20	400
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	2 กิโลกรัม	75	150
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม	75	150
แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม	35	70
ปูนขาว	4 กิโลกรัม	20	80
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	40 ก้อน	13	520
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	1,100	1,100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	-	0
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			4,350
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			135.94

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ การเพาะครั้งที่ 3

ตารางที่ 9 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 3

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	5 ก้อน	35	175
ขี้เถ้า	200 กิโลกรัม	5	1,000
รำข้าว	20 กิโลกรัม	20	400
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	2 กิโลกรัม	75	150
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม	75	150
แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม	35	70
ปูนขาว	4 กิโลกรัม	20	80
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	40 ก้อน	13	520
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	1,100	1,100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	-	0
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			4245
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			132.66

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 4

ตารางที่ 10 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 4

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 5

ตารางที่ 11 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 5

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 6

ตารางที่ 12 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 6

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ การเพาะครั้งที่ 7

ตารางที่ 13 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 7

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	8 ก้อน	35	280
ขี้เถ้า	200 กิโลกรัม	5	1,000
รำข้าว	20 กิโลกรัม	20	400
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	2 กิโลกรัม	75	150
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม	75	150
แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม	35	70
ปูนขาว	4 กิโลกรัม	20	80
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	40 ก้อน	13	520
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	1,100	1,100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	-	0
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			4,350
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			135.94

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 8

ตารางที่ 14 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 8

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 9

ตารางที่ 15 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 9

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ การเพาะครั้งที่ 10

ตารางที่ 16 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 10

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	8 ก้อน	35	280
ขี้เถ้า	200 กิโลกรัม	5	1,000
รำข้าว	20 กิโลกรัม	20	400
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	2 กิโลกรัม	75	150
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม	75	150
แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม	35	70
ปูนขาว	4 กิโลกรัม	20	80
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	40 ก้อน	13	520
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	1,100	1,100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	-	0
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			4,350
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			135.94

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 11

ตารางที่ 17 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 11

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 12

ตารางที่ 18 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 12

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดระบบปิด ทีม.เกษตรศาสตร์ การเพาะครั้งที่ 13

ตารางที่ 19 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 13

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	8 ก้อน	35	280
ขี้เถ้า	200 กิโลกรัม	5	1,000
รำข้าว	20 กิโลกรัม	20	400
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	2 กิโลกรัม	75	150
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	2 กิโลกรัม	75	150
แป้งข้าวเหนียว	2 กิโลกรัม	35	70
ปูนขาว	4 กิโลกรัม	20	80
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	40 ก้อน	13	520
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	1,100	1,100
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	-	0
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			4,350
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			135.94

ต้นทุนการเพาะเห็ดในโรงเพาะเห็ดของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเพาะครั้งที่ 14
 ตารางที่ 20 รายการวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางครั้งที่ 14

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ฟางข้าวอัดก้อน	16 ก้อน	35	560
ขี้เถ้า	300 กิโลกรัม	5	1500
รำข้าว	30 กิโลกรัม	20	600
ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-00	3 กิโลกรัม	75	225
ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15	3 กิโลกรัม	75	225
แป้งข้าวเหนียว	3 กิโลกรัม	35	105
ปูนขาว	6 กิโลกรัม	20	120
ก้อนหัวเชื้อเห็ดฟาง	50 ก้อน	13	650
แก๊สหุงต้ม	1 ถึง 48 กิโลกรัม	-	0
เศษไม้(เชื้อไฟ)	ปริมาณที่ใช้เผา/รอบ	1,000	1,000
ค่าไฟฟ้า	1 ครั้งการเพาะเห็ด	100	100
ค่าเสื่อมสภาพของห้อง	1 ครั้งการเพาะเห็ด	500	500
รวม (บาท)			5,585
ราคาต้นทุน(บาท)/พื้นที่เพาะเห็ด(ตารางเมตร)			96.96

ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของพื้นที่การเพาะเห็ด 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่าง
 ผลผลิตที่ได้จากการฉีดพ่นแบคทีเรียในระหว่างการเพาะกับที่ไม่มีการฉีดพ่นแบคทีเรีย

การทดลองเพาะเห็ดในโรงเรือน ครั้งที่ / สถานที่	ราคาต้นทุนการผลิต/ตารางเมตร	
	control	treatment+ค่าใช้จ่ายเชื้อ
ครั้งที่ 1 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	141.15 (แบคทีเรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)
ครั้งที่ 2 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	141.15 (แบคทีเรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)
ครั้งที่ 3 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	132.66	137.87 (แบคทีเรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)
ครั้งที่ 4 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	102.17 (แบคทีเรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)

ครั้งที่ 5 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	102.17 (แบบที่เรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)
ครั้งที่ 6 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	102.17 (แบบที่เรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)
ครั้งที่ 7 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	141.15 (แบบที่เรียที่เลี้ยงบนNB 5.21 บาท/1 ตารางเมตร)
ครั้งที่ 8 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)
ครั้งที่ 9 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)
ครั้งที่ 10 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	146.66 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)
ครั้งที่ 11 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)
ครั้งที่ 12 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)
ครั้งที่ 13 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	146.66 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)
ครั้งที่ 14 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68 (แบบที่เรียในนมถั่วเหลือง 10.72 บาท/ตารางเมตร)

ตารางที่ 22 แสดงการวิเคราะห์รายได้จากการผลิตเห็ดของพื้นที่การเพาะเห็ด 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่างผลผลิตที่ได้จากการฉีดพ่นแบคทีเรียในระหว่างการเพาะกับที่ไม่มีการฉีดพ่นแบคทีเรีย

ลำดับการทดลอง	ราคาต้นทุนการผลิต(บาท)/ตารางเมตร		รายได้จากการจำหน่ายเห็ด(บาท)=ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย(กิโลกรัม)/พื้นที่เพาะเห็ด 1 ตารางเมตร X ราคาเห็ดรับซื้อ (120 บาท/กก.)	
	Control	Treatment	Control	Treatment
ครั้งที่ 1 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	141.15	$2.74 \times 120 = 328.8$	$2.56 \times 120 = 307.2$
ครั้งที่ 2 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	141.15	$2.03 \times 120 = 243.6$	$2.13 \times 120 = 255.6$
ครั้งที่ 3 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	132.66	137.87	$0.93 \times 120 = 111.6$	$0.99 \times 120 = 118.8$
ครั้งที่ 4 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	102.17	$0.88 \times 120 = 105.6$	$0.93 \times 120 = 111.6$
ครั้งที่ 5 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	102.17	$1.93 \times 120 = 231.6$	$2.01 \times 120 = 241.2$
ครั้งที่ 6 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	102.17	$1.74 \times 120 = 208.8$	$2.32 \times 120 = 278.4$
ครั้งที่ 7 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	141.15	$1.58 \times 120 = 189.6$	$1.57 \times 120 = 188.4$
ครั้งที่ 8 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68	$1.38 \times 120 = 165.6$	$1.25 \times 120 = 150$
ครั้งที่ 9 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68	$1.16 \times 120 = 139.2$	$1.24 \times 120 = 148.8$

ครั้งที่ 10 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	146.66	$2.22 \times 120 = 266.4$	$2.49 \times 120 = 298.8$
ครั้งที่ 11 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68	$0.82 \times 120 = 96$	$0.90 \times 120 = 108$
ครั้งที่ 12 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68	$1.04 \times 120 = 124.8$	$0.86 \times 120 = 103.2$
ครั้งที่ 13 ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน	135.94	146.66	$2.68 \times 120 = 3.21$	$2.99 \times 120 = 358.8$
ครั้งที่ 14 จังหวัด พระนครศรีอยุธยา	96.96	107.68	$1.67 \times 120 = 200.4$	$1.66 \times 120 = 199.2$

จากผลการคำนวณต้นทุนการเพาะเห็ดในตารางที่ 19 และ รายได้ที่ได้จากการจำหน่ายเห็ดในตารางที่ 20 จะเห็นว่าผลที่ได้ยังไม่คงที่ เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นทำให้ยังพบปัญหาในเรื่องของการควบคุมระบบในโรงเรือน ซึ่งเมื่อทดลองจำนวนครั้งเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้วิจัยจับแนวทางที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดไม่ให้ประสบปัญหาได้ ประกอบกับการวางแผนการทดลองในโรงเรือนระบบปิด ทีมเกษตรศาสตร์ บางเขน ในช่วงแรก ได้วางแผนการทดลองโดยมีจำนวนแปลงควบคุมที่ไม่ฉีดแบคทีเรียเพียง 1 ช่อง แต่ที่ฉีดแบคทีเรียทำ 3 ช่อง ซึ่งมีส่วนทำให้ค่าผลผลิตที่ได้ในส่วนของการฉีดแบคทีเรียมีความแปรปรวน ในช่องที่มีการกระทบจากสภาพต่างๆ ภายในโรงในช่วงแรกเช่น พัดลมพัดจนแห้งเกินไป หรือ ละอองไอน้ำจากเครื่องพ่นหมอกมากเกินไป ซึ่งไปมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตที่ได้มีค่าลดลง ในขณะที่ control มีเพียงช่องเดียว ถ้าได้ผลผลิตดีก็จะให้ผลการทดลองดีไปเลย การทดลองครั้งหลังๆ ผู้วิจัยได้จัดสรรให้จำนวนช่องที่ฉีดกับไม่ฉีดแบคทีเรียมีจำนวนเท่าๆ กันในแต่ละชั้น ซึ่งผลผลิตเห็ดที่ได้พบว่าเมื่อทำการฉีดพ่นด้วยแบคทีเรีย สามารถได้ผลผลิตเห็ดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการดำเนินการ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ต่อการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง แม้ว่าผลผลิตที่ได้เมื่อฉีดพ่นแบคทีเรียกับที่ไม่ฉีดพ่นแบคทีเรีย จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า เชื้อแบคทีเรียมีความสามารถในการลดเชื้อราปนเปื้อนในโรงเรือนเพาะเห็ดได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เชื้อราปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในโรงเพาะเห็ด จะพบมากในส่วนที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่เคยมีรายงานก่อนหน้านี้ ว่าเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราหลายชนิด รวมถึงราเขียว ได้ดีในการทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ (สุนีย์, 2557) แต่จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเห็ดน้ำหมึกได้

คุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดในอาหารเหลว NB และชนิดผงทั้งในโรงเรือนระบบปิดและโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรไม่แตกต่างกัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีสภาพดีทั้งหมด โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเห็ดฟางมีแนวโน้มมีคุณภาพปรากฏ ค่าความสว่าง (L^*) ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างช้าๆ และพบการสูญเสียน้ำหนัก ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ ค่าสีแดง ($+a^*$) ค่าสีเหลือง ($+b^*$) ค่าความเข้มของสี (C) และค่ามุมของสี (ohue) ค่าการรั่วไหลของประจุ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

จากผลการวัดคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ตัวอย่างเห็ดฟางที่ได้จากวัสดุเพาะที่มีการเติมและไม่เติมแบคทีเรีย ทั้งจากโรงเพาะเห็ดระบบปิดและโรงเพาะเห็ดฟางของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตัวอย่างเห็ดฟางที่ได้จากที่มีการเติมพ่นแบคทีเรีย มีแนวโน้มที่จะมี ปริมาณ Protein และ Phosphorus ที่มากกว่าเห็ดฟางที่มาจากชั้นเพาะที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียเล็กน้อย

และจากการทดลองแจกจ่ายผงแบคทีเรียให้เกษตรกรที่สนใจนำไปทดลองใช้ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความพอใจ เนื่องจากผลผลิตเห็ดที่ได้มีเนื้อดีและผิวสวย และเชื้อราแข่งขันลดน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 369 หน้า.
- จุฬารณย์ ยิ่งยงวงศ์สกุล. 2545. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุษบา ล้อประเสริฐ. 2542. เห็ดฟาง. ชมรมนักเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย. เพื่อนเกษตร. กรุงเทพฯ.
- พรรณี ศรีสวัสดิ์ และอภิตา บุญศิริ. 2548. ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟาง. เคหะเกษตร. 29(8) : 244.
- พรรณี ศรีสวัสดิ์. 2551. ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิเก็บรักษาและสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ต่อคุณภาพของเห็ดฟาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 125 หน้า.
- ฟาร์มดี. 2556. การเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน. แหล่งที่มา: <https://m.facebook.com/disabilityfarm/>
- ยุทธนา ชีระวงศ์กังวาน. 2550. การเพาะเห็ดฟาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. ชมรมส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเพาะเห็ดภาคกลาง, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.
- วัชรินทร์ สราวิช. 2534. เอกสารประกอบการสอนวิชา 03-133-212 การเพาะเห็ด. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกาฬสินธุ์. กาฬสินธุ์.
- สายชล เกตุสา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม.
- สุทธิชัย สมสุข. 2553. ผลของการใช้วัสดุเพาะและวัสดุอาหารเสริมชนิดต่าง ๆ ร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก. น. 17-36. ใน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 8(2). ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุนีย์ คำพันธ์. 2557. การคัดเลือกแบคทีเรียสร้างเอนโดสปอร์ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 176 หน้า.
- อดุลย์ รัตนมันเกษม. 2542. เพาะเห็ดขาย. นานมีบุ๊คส์. กรุงเทพฯ.
- อานนท์ เอื้อตระกูล. 2530. การเพาะเห็ดฟางฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. แสงทวีการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

- อภิธา บุญศิริ, อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์, วรดา สโมสรรสุข และยุพิน อ่อนศิริ. 2559. การยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพเห็ดฟางด้วยบรรจุภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้จากยางพาราได้อย่างปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคเพื่อการส่งออก (ระยะที่ 2). รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- Briones, G.L., P. Varoquaux, Y. Chambroy, J. Bouquant, G. Bureau, and B. Pascat. 1992. Storage of common mushroom under controlled atmospheres. *International of Journal Food Science and Technology* 27: 493-505.
- Burton, K.S., S. Sreenivasaprasad, T. Rama, C.E. Evered and A. McGarry. 1995. Mushroom quality and senescence. pp. 687-693. *In* T. J. Elliott, ed. *Mushroom Science XIV Science and Culivation of Edible Fungi*. Wellesbourne, UK.
- Cho, K.Y., K. H. Yung, and S.T. Chang. 1982. Presevation of Cultivated Mushroom, pp. 63-86. *In* Chang S. T. and T. H. Quimio (eds.). *Tropical Mushroom: Biological Nature and Cultiva Method*, The Chinese University Press, Hong Kong.
- Ferreira, J.H.S., F.N. Matther and A.C. Thomas. 1991. Biological control of *Euthypa lata* on grapevine by an antagonistic strain of *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 81: 283-287.
- McGarry, A. and K.S. Bonton. 1994. Mechanical properties of mushroom *Agaricus bisporus*. *Mycological Research* 98: 241-245.
- Nalisha, I., M. Muskhazli and T. NorFarizan. 2006. Production of bioactive compounds by *Bacillus subtilis* against *Sclerotium rolfsii*. *Malaysian Journal of Microbiology*. 2(2):19-23.
- Payapanon, A., S. Suthirawut, P. Roongrawee, T. Kulpiyawat and A. Somrith. 2010. To increase the straw mushroom yield with *Bacillus* sp. In the proceeding of 16th Asean Agricultural Symposium. 1th International on Agricultural Technology(Sufficiency Agriculture) pp.432-435. King Mongkut's Institue of Technology Ladkrabang.
- Tano, K., J. Arul, G. Doyon and F. Castaigne. 1999. Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storage temperature abuse. *Journal of Food Science* 64, 1079-1077.

ภาคผนวก

บทความสำหรับเผยแพร่

ชื่อโครงการวิจัย

ภาษาไทย : การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดฟางด้วยแบคทีเรียสร้างสปอร์

ภาษาอังกฤษ : Increasing Efficiency of Straw Mushroom Production by Endospore Forming Bacteria

โดย

1. นาง เยวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทรศัพท์ 02-5625444, 02-5625555 ต่อ 4012 โทรสาร 02-5792081
2. นาง สุรางค์ สุธิราวุธ
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทรศัพท์ 02-5625444, 02-5625555 ต่อ 4009 โทรสาร 02-5792081
3. นายอภิรักษ์ต์ สมฤทธิ
กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์: 0-2579-5581 โทรสาร: 0-2940-6371
4. นายกรกช จันท
สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ด
กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทรศัพท์ 02-5798558
5. นางอภิตา บุญศิริ
ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
โทรศัพท์: 034-355368 โทรสาร: 034-355368
6. นางอัจฉรา พยัพพานนท์
สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ด
กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทร. 02-579-8558

ประเด็นปัญหาก่อนการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการต่อยอดจากโครงการงานวิจัยการคัดเลือกแบคทีเรียสร้างสปอร์ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง ซึ่งได้คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียสร้างเอนโดสปอร์ที่สามารถยับยั้งเส้นใยเชื้อราแข่งขันของเห็ดและเชื้อราสาเหตุโรคพืชในห้องปฏิบัติการที่ให้ผลโดดเด่นในการส่งเสริมผลผลิตของเห็ดฟางสายพันธุ์

อยู่ภายในระดับโรงเรือนได้คือ ไอโซเลท BC05 แต่ในการทดลองที่ผ่านมาพบว่ามีปัจจัยภายนอกเข้ามารบกวน ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น ตามฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลง รวมไปถึงหนูที่เข้ามาทำลายเส้นใยเห็ดฟางในโรงเพาะเห็ดในขณะทำการทดลอง ดังนั้นคณะผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ได้ให้ข้อเสนอแนะโดยให้ทำการทดลองในโรงเพาะเห็ดแบบระบบปิดที่สามารถควบคุมปัจจัย อุณหภูมิ และความชื้นได้ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของเชื้อ BC05 หลังจากนั้นจะนำผลผลิตเห็ดที่ได้มาทดสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังจากการเก็บเกี่ยวระหว่างการเพาะเห็ดฟางที่เติมแบคทีเรียเปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตจากแปลงเพาะที่ไม่ได้เติมเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งหากเห็ดฟางที่ผลิตได้ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษานานกว่า จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้ส่งออกในการจำหน่ายและ/หรือส่งออกเห็ดฟางสดไปตลาดต่างประเทศได้มากขึ้น อันจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการ และนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้มากขึ้น

การแก้ปัญหาโดยใช้ผลงานวิจัย

ผลการทดลองพบว่าผลผลิตเห็ดฟางที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกันระหว่างการฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียกับการไม่ฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรีย แต่ถ้าคิดในแง่ของน้ำหนักผลผลิตเห็ดฟางที่ได้จะพบว่าในแปลงที่มีการฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียให้น้ำหนักผลผลิตเห็ดฟางมากกว่าแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อราแข่งขันในโรงเรือนเพาะเห็ดน้อยลงเมื่อมีการฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรีย คุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดในอาหารเหลว NB และชนิดผงทั้งในโรงเรือนระบบปิดและโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรไม่แตกต่างกัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีสภาพดีทั้งหมด โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ในการอบรมเกษตรกรผู้สนใจ 2 ครั้ง เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2559 ที่ จ.พระนครศรีอยุธยา และ วันที่ 16 ธันวาคม 2559 ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และได้แจกผลิตภัณฑ์แบคทีเรีย BC05 ในรูปแบบแห้งและคู่มือให้แก่เกษตรกรที่มาร่วมอบรม เมื่อเกษตรกรนำไปทดลองใช้ พบว่ามีความพึงพอใจเนื่องจากได้ผลผลิตเห็ดฟางดี และเมื่อนำไปใช้กับการเพาะเห็ดฟางกองเตี้ยแปลงที่ใส่ผงแบคทีเรีย BC05 ดอกออกดีกว่าและดอกใหญ่กว่าแปลงที่ไม่ได้ ดังรูปที่เกษตรกรส่งมาให้ ด้านล่าง



เห็ดฟางกองเตี้ย ไม่ได้ฉีดแบคทีเรีย



เห็ดฟางกองเตี้ย ฉีดแบคทีเรีย



ผลผลิตที่ได้จากการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน และฉีดแบคทีเรีย

ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดฟางโดยใช้แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ให้แก่เกษตรกรหมู่ 4 ตำบลโคกม่วง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2559



ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดฟางโดยใช้แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 และโรงเรือนระบบปิด ให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน เมื่อวันศุกร์ที่ 16 ธันวาคม 2559



ตารางที่ 23 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับ
ตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับ
1.ทดสอบและยืนยัน ผลความสามารถของ แบคทีเรียที่ให้ผลการ ทดสอบดีในการ ทดลองก่อนหน้านี้ เช่น แบคทีเรียสร้าง สปอร์ BC05 ต่อการ เพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง สายพันธุ์ยูธยาใน โรงเรือนระบบปิด ที่ สามารถควบคุม ปัจจัยแวดล้อม เช่น ความชื้น และ อุณหภูมิได้ เปรียบเทียบปริมาณ และคุณภาพผลผลิต เห็ดฟางที่ได้จากการ เติมและไม่เติม แบคทีเรีย	1. สร้างโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง ต้นแบบที่สามารถควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นภายใน โรงเรือนได้ 2. เตรียมเชื้อแบคทีเรีย ทดสอบ และเตรียมวัสดุเพาะ เห็ดฟาง 3. นำเชื้อแบคทีเรียมาทดสอบ การเพิ่มผลผลิตเห็ดฟางสาย พันธุ์ยูธยาและการควบคุม เชื้อราแข่งขันในโรงเรือนเพาะ เห็ดฟางในโรงเรือนระบบปิด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของ เชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 โดยศึกษาเปรียบเทียบ กับการผลิตเห็ดฟางแบบไม่ใส่ เชื้อแบคทีเรีย 4. นำเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผล การทดสอบดีมาทำการ ทดสอบซ้ำในโรงเรือนเพาะ เห็ดฟางของเกษตรกรเพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อ แบคทีเรียทดสอบในสภาพ การใช้งานจริง 5. เปรียบเทียบปริมาณและ คุณภาพผลผลิตเห็ดฟางที่ได้ จากการเติมและไม่เติม	1. ได้ดำเนินการก่อสร้าง โรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด ที่บริเวณภาควิชาจุล ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เริ่ม ก่อสร้างและติดตั้งระบบ ช่วงเดือนสิงหาคม 2. เตรียมเชื้อแบคทีเรียสร้าง สปอร์ BC05 และเตรียม วัสดุเพาะเห็ดฟาง 3. เนื่องจากเวลาการวิจัย เหลือน้อย จึงดำเนินการ วิจัยตามกิจกรรม ข้อ3. และ 4. ควบคู่กันไป 5. ทำการจดผลชั่งน้ำหนัก เห็ดฟางที่ผลิตได้เปรียบ เทียบปริมาณและคุณภาพ	1. การก่อสร้างแล้วเสร็จ ประมาณปลายเดือน พฤศจิกายน 2558 2.ได้เชื้อแบคทีเรียสร้าง สปอร์ BC05 ทั้งใน รูปแบบเลี้ยงในอาหาร NB และทำเป็นผง ได้ วัสดุเพาะเห็ดฟาง 3. ได้ทดลองเพาะเห็ด ทั้งสิ้น 14 ครั้ง แบ่งเป็น การเพาะในโรงเรือน ระบบปิด 6 ครั้ง และ การเพาะในโรงเรือน เพาะเห็ดฟางของ เกษตรกร 8 ครั้ง 5. จากผลการวัดคุณค่า ทางโภชนาการ พบว่า ตัวอย่างเห็ดฟางที่ได้จาก

	แบคทีเรีย	ผลผลิตเห็ดฟางที่ได้จากการเติมและไม่เติมแบคทีเรีย	วัสดุเพาะที่มีการเติมและไม่เติมแบคทีเรีย ทั้งจากโรงเพาะเห็ดระบบปิดและโรงเพาะเห็ดฟางของเกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตัวอย่างเห็ดฟางที่ได้จากการที่มีการเติมพ่นแบคทีเรียมีแนวโน้มที่จะมี ปริมาณ Protein และ Phosphorus ที่มากกว่าเห็ดฟางที่มาจากชั้นเพาะที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียเล็กน้อย การเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดที่ได้พบว่าเมื่อทำการฉีดพ่นด้วยแบคทีเรียสามารถได้ผลผลิตเห็ดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. เพื่อตรวจสอบอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของดอกเห็ดฟางภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้จากแปลงเพาะที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 เปรียบเทียบกับดอกเห็ดฟางที่ผลิตจากแปลงเพาะที่ไม่ได้เติมเชื้อแบคทีเรีย	เปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดฟางที่ผลิตได้ แบบที่ใส่และไม่ใส่แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05	ได้ทำการเก็บตัวอย่างเห็ดฟางที่เพาะได้ไปตรวจสอบคุณภาพและอายุการเก็บรักษา ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยเก็บในกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง ขนส่งโดยรถตู้กลับมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5	คุณภาพของเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวจากวัสดุเพาะที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย (Control) และเติมแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดในอาหารเหลว NB และชนิดผงทั้งในโรงเรือนระบบปิดและโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรไม่แตกต่างกัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีสภาพดีทั้งหมด

		เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ต่อไป	โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน
3. ต่อยอดนำ แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 มาพัฒนาเป็น ผลิตภัณฑ์ให้ เกษตรกรสามารถ นำไปใช้ได้ง่าย โดย เก็บเชื้อแบคทีเรียใน รูปแบบแห้ง เพื่อเป็น ทางเลือกให้ เกษตรกรใช้ ผลิตภัณฑ์จาก เชื้อจุลินทรีย์เพื่อเพิ่ม ผลผลิตเห็ดฟางและ ทดแทนการใช้ สารเคมีในการ ควบคุมเชื้อราแข่งขัน ในการเพาะเห็ดฟาง	พัฒนาแบคทีเรียโดยทำเป็น ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้ง รวมทั้งทดลองใช้ในโรงเพาะ เห็ดของเกษตรกรและจัดทำ คู่มือแจกจ่ายให้เกษตรกรที่ สนใจทดลองใช้	เตรียมแบคทีเรีย ทำเป็น ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้ง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ 14 กรัม ใส่ในนมถั่วเหลือง 1 กล่อง (250 มล.) บ่มทิ้งไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ เป็นหัวเชื้อ ผสมน้ำ 250 มล.และนำไปฉีดพ่นลงบน วัสดุเพาะเห็ดก่อนการลง เชื้อเห็ดฟาง	ได้แบคทีเรียสร้างสปอร์ BC05 ในรูปผงที่ เกษตรกรสามารถนำไป ใช้ได้ง่าย ได้จัดอบรมเกษตรกร ผู้สนใจ 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2559 ที่ จ. พระนครศรีอยุธยา ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2559 ที่ ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาส ตร์ บางเขน และได้ จัดทำคู่มือและผง แบคทีเรีย BC05 เพื่อ แจกเกษตรกรที่มาร่วม อบรม