อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของการใช้ 1-Methylcyclopropene ต่อ คุณภาพ
และอายุการวางจำหน่ายผักกินใบ

Effect of 1-Methylcyclopropene on Quality and
Shelf Life of Leafy Vegetables

โดย มยุรี กระจายกลาง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 19 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1.5938855
เลขเรียกหนังสือ ว SB
191 ม1895
2555

พฤษภาคม 2555

สัญญาเลขที่ R2554B813

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของการใช้ 1-Methylcyclopropene ต่อ คุณภาพและอายุการวางจำหน่ายผักกินใบ

Effect of 1-Methylcyclopropene on Quality and Shelf Life of Leafy Vegetables

ผู้วิจัย
มยุรี กระจายกลาง

สังกัด
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554 ในสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ผู้วิจัย ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนงบประมาณประกอบการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ นางสาวสุธิกา สมวรรณ ผู้ช่วยนักวิจัย รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ประจำคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่มีส่วนอำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการและสนับสนุนข้อมูลให้การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

มยุรี กระจายกลาง
8 พฤษภาคม 2555

บทคัดย่อ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	ผลของการใช้ 1-Methylcyclopropene ต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายผักกินใบ
(ภาษาอังกฤษ)	Effect of 1-Methylcyclopropene on Quality and Shelf Life of Leafy Vegetables
ชื่อผู้วิจัย	นางสาว มยุรี กระจายกลาง
หน่วยงานที่สังกัด	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
หมายเลขโทรศัพท์	(office) 055 - 962722
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสาขา	เกษตรศาสตร์และชีววิทยา
งบประมาณแผ่นดิน	ประจำปีงบประมาณ 2554
จำนวนเงิน	200,000 บาท ระยะเวลาทำการวิจัย 12 เดือน
ตั้งแต่	วันที่ 1 เดือน ธันวาคม 2553 ถึง วันที่ 30 เดือน พฤศจิกายน 2554

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

ผักกาดฮ่องเต้ (*Brassica rapa* var. *chinensis*) ถูกเลือกเป็นพืชทดสอบในการศึกษานี้ ผักกาดฮ่องเต้ ถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม และขนส่งอย่างระมัดระวังสู่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ทันที เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ 1-MCP ต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ โดย ตัวอย่างผักภายหลังจากการทำความสะอาด คัดขนาด ปราศจากโรคและแมลง ถูกแบ่งและทดสอบด้วย 1-MCP ในอัตรา 1 เม็ด (7,200 ppb), ½ เม็ด (3,600 ppb), และ ¼ เม็ด (1,800 ppb) นาน 6 ชั่วโมง ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ใช้ 1-MCP) หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03 °C, 38.35±69.55 %RH ของการทดลองที่ 1) หรือ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ ตู้แช่ (3.64±0.04 °C, 75.95±0.19 %RH ของการทดลองที่ 2) และ ทดสอบร่วมกับการฉีดพ่นด้วยเอทิฟอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02 °C, 49.32 ±0.14 %RH ของการทดลองที่ 3) บันทึกการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผักกาดฮ่องเต้ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก คะแนนสภาพภายนอก คะแนนสีของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ การเกิดกลิ่นที่ผิดปกติ การเน่าเสีย และ อายุการวางจำหน่าย วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4-5 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการทดลอง พบว่า 1-MCP ไม่ได้ช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้ ขณะเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง โดยมีอายุการวางจำหน่าย โดยรวมไม่เกิน 4 วัน แต่ 1-MCP จะมีประสิทธิภาพเด่นชัดมากขึ้นเมื่อปรากฏเอทิธีนในบรรยากาศ พบว่า สามารถยับยั้งการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ที่มีผลมาจากอิทธิพลของ ethephon (สารปลดปล่อยเอทิลีน) ได้

ค่อนข้างดี โดย 1-MCP อัตรา 1 เม็ด (7,200 ppb) นาน 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มชะลอการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ได้ดีที่สุดในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 1-MCP อัตรา ½ เม็ด (3,600 ppb) รมนาน 6 ชั่วโมง สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ได้ดีที่สุดในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ตู้แช่ โดยพบว่า 1-MCP สามารถชะลอการเหลืองของใบ รักษาสภาพภายนอก รักษาความสดของผักกาดฮ่องเต้ ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า L* a* b* C* และ h° รวมทั้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 14.25 วัน แต่ 1-MCP ไม่มีผลต่อการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเน่าเสีย และ คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ตู้แช่

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)

Pak chai (*Brassica rapa* var. *chinensis*) as a plant sample for this study, were harvested at a suitable maturity and carefully transported to postharvest laboratory at the Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University in order to investigate the effect of 1-MCP on delaying senescence of Pak chai. Samples of Pak chai without any defects after cleaning were treated with 1-MCP at 1 tablet (7,200ppb), ½ tablet (3,600 ppb), and ¼ tablet (1,800 ppb) for 6 hours compared to a control (without 1-MCP), and then stored at room temperature (28.14 ± 0.03°C; 38.35±69.55 % RH) for the first experiment, and at low temperature at 3.64 ± 0.04°C (75.95±0.19% RH) for the second experiment. For the third experiment, an appropriated concentration of 1-MCP from experiment 1 and experiment 2 were selected and then treated with ethephon (1,000 ppm) prior to storage at room temperature (27.83 ±0.02°C ; 49.32 ±0.14 %RH). Postharvest qualities such as weight loss, external appearance scores, color scores, chlorophyll levels, off odor, decay and shelf life were recorded throughout the experiment. Each experiment was laid out in a Completely Randomized Design (CRD) with 4-5 replications (1 plant per rep). Data was performed by using analysis of variance (ANOVA). Means were compared using Duncan's new multiple range test (DMRT) at the 5% level. From the results, it was found that 1-MCP had little effect on extending shelf life of Pak chai stored at room temperature in this study with a maximum of only 4 days-shelf life. However, the efficiency of 1-MCP increased in the presence of ethylene (using ethephon in this study). 1-MCP had been shown to inhibit the effect of ethylene by delaying the yellowing of leaves in Pak chai. An application of 1-MCP at 1 tablet (7,200 ppb) for 6 hours could slow degradation of Pak chai at room temperature storage and a treatment of 1-MCP at ½ tablet (3,600 ppb) for 6 hours seems to be the best condition to maintain postharvest quality of Pak chai at low temperature. 1-MCP could delay color of leaves with good external appearance and remained freshness of Pak chai which were associated with changes in L* a* b* c* and h^0 values as well on charges in chlorophyll levels. The storage life could be extended to 14.25 days at cool room storage. However, 1-MCP had no effect on weight loss, decay and off odor at cool room storage in this study.

สารบัญเรื่อง

เนื้อหา	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 สถานการณ์การผลิตผักในประเทศไทย	4
2.2 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของผักกาดฮ่องเต้	4
2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	5
2.4 การขยายพันธุ์และการปลูกผักกาดฮ่องเต้	5
2.5 การเก็บเกี่ยว	6
2.6 การสูญเสียของผลิตผลสดหลังเก็บเกี่ยว	6
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว	7
2.8 แนวทางการยืดอายุการเก็บรักษาผักสดโดยการใช้ 1-MCP	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**12**
3.1 การเตรียมพืชทดสอบก่อนการเก็บรักษา	12
3.2 สิ่งทดลอง (Treatment) และวัตถุประสงค์ย่อย	12
3.3 การเตรียม 1-MCP และภาชนะที่ใช้ในการรม	13
3.4 การบันทึกข้อมูล	14
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	16
3.6 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง	16
3.7 สถานที่ทำการทดลอง	16

สารบัญเรื่อง(ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
4.1 การทดลองที่ 1	17
4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก	17
4.1.2 คะแนนสภาพภายนอก	17
4.1.3 คะแนนสี	18
4.1.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter	18
4.1.4.1 ค่าความสว่าง (L^*)	18
4.1.4.2 ค่า C^*	19
4.1.4.3 ค่า hue (h^o)	19
4.1.5 คะแนนการเกิดกลิ่น	20
4.1.6 การเน่าเสีย	20
4.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์	21
4.1.7.1 คลอโรฟิลล์ เอ	21
4.1.7.2 คลอโรฟิลล์ บี	21
4.1.7.3 คลอโรฟิลล์ รวม	22
4.1.8 อายุการวางจำหน่าย	22
4.2 การทดลองที่ 2	23
4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก	23
4.2.2 คะแนนสภาพภายนอก	23
4.2.3 คะแนนสี	24
4.2.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter	24
4.2.4.1 ค่า L^*	24
4.2.4.2 ค่า Chroma (C^*)	25
4.2.4.3 ค่า Hue (h^o)	25
4.2.5 การเน่าเสีย	26
4.2.6 คะแนนการเกิดกลิ่น	26
4.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์	27
4.2.7.1 คลอโรฟิลล์ เอ	27
4.2.7.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี	27
4.2.7.3 คลอโรฟิลล์ รวม	28
4.2.8 อายุการเก็บรักษา	28
4.3 การทดลองที่ 3	29
4.3.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก	29
4.3.2 คะแนนสภาพภายนอก	29

สารบัญเรื่อง(ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
4.3.3 คะแนนสีของใบผักกวางตุ้งฮ่องเต้	30
4.3.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter	30
4.3.4.1 ค่าความสว่าง (L^*)	30
4.3.4.2 ค่า C^*	31
4.3.4.3 ค่า Hue (h°)	31
4.3.5 การเน่าเสีย	32
4.3.6 คะแนนการเกิดกลิ่น	32
4.3.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์	32
4.3.7.1 คลอโรฟิลล์ เอ	32
4.3.7.2 คลอโรฟิลล์ บี	33
4.3.7.3 คลอโรฟิลล์ รวม	34
4.3.8 อายุการวางจำหน่าย	34
บทที่ 5 วิจารณ์	**42**
บทที่ 6 สรุป	**44**
บรรณานุกรม	**45**
ภาคผนวก	**47**

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

การทดลองที่ 1

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 17

ตารางที่ 2 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 17

ตารางที่ 3 คะแนนสีของใบของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 18

ตารางที่ 4 ค่า L^{*} ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 18

ตารางที่ 5 ค่า C^{*} ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 19

ตารางที่ 6 ค่า h° ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 19

ตารางที่ 7 คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 20

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 20

ตารางที่ 9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 21

ตารางที่ 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 21

ตารางที่ 11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) 22

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 12 แสดงอายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน หรือ จนหมดสภาพ 22

การทดลองที่ 2

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 23

ตารางที่ 14 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 23

ตารางที่ 15 คะแนนสีของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 24

ตารางที่ 16 ค่า L* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 24

ตารางที่ 17 ค่า C* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 25

ตารางที่ 18 ค่า h° ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 25

ตารางที่ 19 แสดงการเน่าเสียของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 26

ตารางที่ 20 คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 26

ตารางที่ 21 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 27

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน
(0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 27

ตารางที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน
(0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 28

ตารางที่ 24 แสดงอายุการเก็บรักษาของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน
(0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) 28

การทดลองที่ 3

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไปของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกัน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
(27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 29

ตารางที่ 26 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 29

ตารางที่ 27 คะแนนสีของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 30

ตารางที่ 28 ค่า L^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน
(day 0, 1, 2, 3, 4) 30

ตารางที่ 29 ค่า C^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน
(day 0, 1, 2, 3, 4) 31

ตารางที่ 30 ค่า h° ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน
(day 0, 1, 2, 3, 4) 31

ตารางที่ 31 คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
(27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 32

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 32 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 33

ตารางที่ 33 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 33

ตารางที่ 34 ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4) 34

ตารางที่ 35 แสดงอายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน หรือ จนหมดสภาพ 34

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 1 ผักกาดฮ่องเต้ก่อนการทดสอบด้วย 1-MCP	35
ภาพที่ 2 ผักกาดฮ่องเต้หลังรม 1-MCP ก่อนเก็บรักษา	35
ภาพที่ 3 สภาพการเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ ณ อุณหภูมิห้อง	36
ภาพที่ 4 แสดงการรมผักกาดฮ่องเต้ด้วย 1-MCP ในภาชนะบรรจุ ณ อุณหภูมิห้อง	36
ภาพที่ 5 แสดงการวัดสีของผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter	37
ภาพที่ 6 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้	37
ภาพที่ 7 แสดงการวัดหาปริมาณคลอโรฟิลล์	38
ภาพที่ 8 แสดงสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP ในระดับความเข้มข้น 0 เม็ด; T1, 1 เม็ด; T2, ½ เม็ด; T3 และ ¼ เม็ด; T4 นาน 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03 ^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 1 (Day 1), 2, 3, 4, 5 วัน (การทดลองที่ 1)	39
ภาพที่ 9 แสดงสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP ในระดับความเข้มข้น 0 เม็ด; T1, 1 เม็ด; T2, ½ เม็ด; T3 และ ¼ เม็ด; T4 นาน 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04 ^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 3 (Day 3), 6, 9, 12, 15, 18 วัน (การทดลองที่ 2)	40
ภาพที่ 10 แสดงสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP และฉีดพ่นด้วย ethephon 1000 ppm ก่อนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ ห้อง (27.83 ±0.02 ^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 1 (Day 1), 2, 3 และ 4 วัน ตามลำดับ (การทดลองที่ 3)	41

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย

C_2H_4	ethylene	(ฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง มีสถานะเป็นก๊าซ มีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ และการเสื่อมสภาพของพืช)
C_4H_6	1-methylcyclopropene	สารเคมีที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอทธิลีน)
day 0	the first day of experiment	(วันที่เริ่มการทดลอง)
day 2	the second day of experiment	(วันที่สองของการเก็บรักษา)
FW	fruit weight	(น้ำหนักสด)
g	gram	(กรัม)
hr	hour	(ชั่วโมง)
Kg	kilogram	(กิโลกรัม)
min	minimum	(น้อยสุด)
max	maximum	(มากสุด)
ml	millilitre	(มิลลิลิตร)
mg	milligram	(มิลลิกรัม)
1-MCP	1-methylcyclopropene	(สารเคมีที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอทธิลีน)
nm	nanometer	(หน่วยของความยาวคลื่น)
ppb	part per billion	(1 ส่วน ใน พันล้านส่วน)
ppm	part per million	(1 ส่วน ใน ล้านส่วน)
RH	Relative humidity	(ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ)
sec	seconds	(วินาที)
V	volumn	(ปริมาตร)
W	weight	(น้ำหนัก)
^oC	degree Censius	(องศา เซนเซียส)
$\mu l\ l^{-1}$	micro litre per litre	(ไมโคร ลิตร ต่อ ลิตร)
%	percent	(สัดส่วน เป็น เปอร์เซ็นต์)
®	-	(สัญลักษณ์ชื่อทางการค้า)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผักเป็นพืชอายุสั้นที่ให้ผลตอบแทนสูงมีความต้องการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ ดังนั้น จึงเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญต่อชีวิตของคนไทยทั้งด้านเศรษฐกิจและด้านคุณภาพชีวิตของผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ค้า ตลอดจนด้านสิ่งแวดล้อม ในการบริโภคคนไทยนิยมใช้ผักเป็นอาหาร ในรูปของผักเคียงหรือกับแกล้ม ผักปรุงรสและแต่งกลิ่น ประกอบอาหารหลัก เป็นเครื่องดื่มและเป็นของว่าง และของขบเคี้ยว คุณประโยชน์ของผักต่อร่างกาย คือ เยื่อใยช่วยในการขับถ่ายและมีสารอาหารที่จำเป็น ได้แก่ วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังมีผลดีต่อสุขภาพโดยตรง อาทิ เช่น ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งและโรคอื่น ๆ

ปริมาณการบริโภคผักภายในประเทศมีประมาณ 3.2 ล้านตันต่อปี ไม่น้อยกว่า 12,400 ล้านบาท (โดยประเมินจากการบริโภค 40 ก.ก./คน/ปี และราคาเฉลี่ย 5 บาท/ก.ก.) สำหรับการส่งออกผักและผลิตภัณฑ์ จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี 2542/43 มีปริมาณ 417,482.6 ตัน มูลค่า 12,610.2 ล้านบาท แยกตามมูลค่าเป็นผักแปรรูป 9,824.5 ล้านบาท ผักสด 2,218.5 ล้านบาท และเมล็ดพันธุ์ผัก 567.2 ล้านบาท (กมลและคณะ, 2544) ตามลำดับ และปริมาณความต้องการต่างประเทศมีแนวโน้มมากขึ้น โดยมีมูลค่าการส่งออกผักรวมทุกประเภททั้งหมดของไทย ปี 2550 ปริมาณ 529,547 ตันมูลค่า 20,021 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ อ้างอิงโดย กมลและคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการนำเข้าเป็นผักแปรรูป 819.9 ล้านบาท ผักสด 383.3 ล้านบาท และเมล็ดพันธุ์มูลค่า 275.4 ล้านบาท ตามลำดับ (กมลและคณะ, 2544)

การผลิตผักในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามวัตถุประสงค์การผลิต คือ ผักสด ผักแปรรูป และเมล็ดพันธุ์ พื้นที่ปลูกปัจจุบันจำนวน 3.2 ล้านไร่ ได้ผลผลิตปริมาณ 5.2 ล้านตันต่อปี (เฉลี่ย 3 ปี เพาะปลูก 2540/41 ถึง 2542/43 โดยกรมส่งเสริมการเกษตร อ้างอิงโดย กมลและคณะ, 2544) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบรายย่อย ปัญหาที่พบหลัก นอกเหนือจาก ผลผลิตต่ำ และการมีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในผลิตผลทางการเกษตรจากระบบการผลิต แล้ว ปัญหาที่สำคัญ คือ คุณภาพไม่ได้มาตรฐานและไม่สม่ำเสมอ พบ เปอร์เซนต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวสูงถึง 40% ในผักบางชนิด โดยเฉพาะในกลุ่มของผักกินใบ ซึ่งมีโครงสร้างที่บอบช้ำง่าย โดยมีสาเหตุหลักมาจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลทำให้เกิดการลักลอบนำผักบางชนิดจากต่างประเทศเข้ามาจำหน่ายในประเทศ เกิดการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้น แนวทางในการทำวิจัย จึงมุ่งเน้นหาวิธีการในการเก็บรักษาเพื่อให้ผักมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด โดยเสียคุณภาพน้อยที่สุด

การประยุกต์ใช้ 1-Methylcyclopropene หรือ 1-MCP กับผลิตผลทางการเกษตรเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพ กำลังเป็นที่สนใจของนักวิจัยในเมืองไทย เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า เอทิลีน เป็นฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับการสุกและการเสื่อมสภาพของผักและผลไม้ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ สรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเปลี่ยนแปลงสีโดยเฉพาะการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การหายใจ และการสังเคราะห์น้ำตาล เป็นต้น (จริงแท้, 2544) ดังนั้น สภาพแวดล้อมหรือปัจจัยใด ๆ ที่มีผลเร่งการสร้างเอทิลีนก็จะเร่งการเสื่อมสภาพของผลิตผล และในทาง

กลับกันหากมีปัจจัยที่มีผลยับยั้งการสร้างเอทิลีนหรือมีผลทำลายเอทิลีน ก็จะสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ ผัก และดอกไม้ ได้เช่นเดียวกัน

1-MCP จัดเป็นสารที่ยอมรับในการใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรในต่างประเทศ (Blankenship and Dole, 2003) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ญี่ปุ่น ไต้หวัน ออสเตรเลีย เป็นต้น จะเห็นได้ว่า 1- MCP เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูง จึงเป็นสารที่น่าส่งเสริมให้มีการศึกษาและพัฒนาการใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ 1- MCP ต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของผักกินใบบางชนิด ซึ่งยังไม่มีรายงานการศึกษามากนักในผักสด

ดังนั้น ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะที่เกิดขึ้นให้เกิดความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นฐานอันจะนำไปสู่การพัฒนาหาวิธีการในการชะลอการเสื่อมสภาพ ดังกล่าว ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของจัดการหลังเก็บเกี่ยว ลดการสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมาตรฐานตามความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งเผยแพร่เทคโนโลยีหรือทางเลือกใหม่ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดังกล่าวให้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับผักกินใบและนักวิชาการที่เกี่ยวข้องในอนาคต อันจะส่งผลให้ผักกินใบดังกล่าวมีคุณภาพและมาตรฐานต่อผู้บริโภค เป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ผู้ส่งออก และ ธุรกิจที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศโดยส่วนรวมและเป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศตามมติคณะรัฐมนตรี

1.2 วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกินใบบางชนิดในระหว่างการวางจำหน่ายในสภาพอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ

1.2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้ 1-MCP ในการชะลอการเสื่อมสภาพของผักกินใบบางชนิด

1.2.3 เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ 1-MCP ในการยืดอายุการวางจำหน่ายผักกินใบบางชนิดขณะวางจำหน่ายในสภาพอุณหภูมิต่ำ

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษาเพื่อการวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตและข้อจำกัดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.3.1 การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ มีขอบเขตการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มมูลค่าของผลิตผลและลดมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจ โดยมุ่งเน้นการลดการเสื่อมสภาพของผักกินใบ โดยการใช้ 1-MCP และส่งผลโดยรวมถึงการยืดอายุการวางจำหน่ายของผักกินใบ

1.3.2 การวิจัยนี้เป็นงานทดลองในห้องปฏิบัติการเพียงอย่างเดียวยังไม่มีการนำข้อมูลไปประเมินผลเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการผักกินใบในแหล่งผลิตโดยตรง

1.3.3 การวิจัยนี้มีการดำเนินการในช่วง 1 ฤดูกาลผลิตในปี 2553 เท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบข้อมูลพื้นฐานในการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ และทางเคมีที่สอดคล้องกับคุณภาพของผักกินใบหลังการเก็บเกี่ยว

1.4.2 ทราบศักยภาพความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อเป็นแนวทางในการลดการเสื่อมสภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายของผักกินใบ

1.4.3 สามารถพัฒนาวิธีการ หรือแนวทางใหม่ในการชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผักกินใบได้ รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปสู่การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.4.4 สามารถพัฒนาเป็นเอกสารเผยแพร่ข้อมูลพื้นฐานในวารสารวิชาการต่าง ๆ ได้

1.4.5 สามารถประยุกต์ใช้กับผลิตผลทางการเกษตร ชนิดอื่น ๆ

1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.5.1 หน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร หรือสถาบันอุดมศึกษา รวมไปถึง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5.2 หน่วยงานภาคเอกชน เช่น บริษัทส่งออก, กลุ่มพ่อค้าขายปลีก และ ขายส่งทั้งในและต่างประเทศ, กลุ่มร้านค้าที่มีการค้าขายผลิตผลทางการเกษตร และเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิต ในรูปแบบของข้อมูล เอกสารเผยแพร่งานวิจัยถึงแนวทางการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องต่อการเก็บรักษาผักกินใบ

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์การผลิตผักในประเทศไทย

การผลิตผักในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามวัตถุประสงค์การผลิต คือ ผักสด ผักแปรรูป และเมล็ดพันธุ์ พื้นที่ปลูกปัจจุบันจำนวน 3.2 ล้านไร่ ได้ผลผลิตปริมาณ 5.2 ล้านตันต่อปี (เฉลี่ย 3 ปี เพาะปลูก 2540/41 ถึง 2542/43 โดยกรมส่งเสริมการเกษตร อ้างอิงโดย กมลและคณะ, 2544) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบรายย่อย

ผลผลิตส่วนใหญ่บริโภคภายในประเทศ ปริมาณการบริโภคผักภายในประเทศมีประมาณ 3.2 ล้านตันต่อปี ไม่น้อยกว่า 12,400 ล้านบาท (โดยประเมินจากการบริโภค 40 ก.ก./คน/ปี และราคาเฉลี่ย 5 บาท/ก.ก.) สำหรับการส่งออกผักและผลิตภัณฑ์ จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี 2542/43 มีปริมาณ 417,482.6 ตัน มูลค่า 12,610.2 ล้านบาท แยกตามมูลค่าเป็นผักแปรรูป 9,824.5 ล้านบาท ผักสด 2,218.5 ล้านบาท และเมล็ดพันธุ์ผัก 567.2 ล้านบาท (กมลและคณะ, 2544) ตามลำดับ และปริมาณความต้องการต่างประเทศมีแนวโน้มมากขึ้น โดยมีมูลค่าการส่งออกผักรวมทุกประเภททั้งหมดของไทย ปี 2550 ปริมาณ 529,547 ตันมูลค่า 20,021 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ อ้างอิงโดย กมลและคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการนำเข้าเป็นผักแปรรูป 819.9 ล้านบาท ผักสด 383.3 ล้านบาท และเมล็ดพันธุ์มูลค่า 275.4 ล้านบาท ตามลำดับ (กมลและคณะ, 2544)

สำหรับผักที่นิยมบริโภคเป็นจำนวนมากในแต่ละประเทศ คือ ผักวงศ์กะหล่ำ ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักกาด คะน้า กวางตุ้ง บร็อกโคลี่ และผักกาดหัว ประเทศที่บริโภคผักดังกล่าวมาก คือ จีน เกาหลี ญี่ปุ่น อินเดีย และเวียดนาม สำหรับผักที่นิยมบริโภคมากของไทย คือ มะเขือเทศ ผักวงศ์กะหล่ำ และหอมแดง และของจีน (ประเทศคู่ค้าที่ไทยนำเข้าผัก) คือ ผักวงศ์กะหล่ำ มะเขือเทศ และแตงร้าน (FAOSTAT, 2007 อ้างอิง โดย กมลและคณะ, 2551) จะเห็นได้ว่า ผักวงศ์กะหล่ำจัดเป็นกลุ่มผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะการบริโภคภายในประเทศ ถึงแม้จะมีการส่งออกค่อนข้างน้อย เนื่องจากผลผลิตน้อย แต่มีความต้องการสูงภายในประเทศ จัดเป็นสินค้าหลักที่นำเข้าจากประเทศจีน

2.2 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของผักกาดฮ่องเต้

ผักกาดฮ่องเต้ (Pak Chai, Pak Choi, Chinese chard) หรือ กวางตุ้งฮ่องเต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica rapa* var. *chinensis* จัดเป็นพืชตระกูล Brasicaceae (Crucifereae-Mustard family) หรืออยู่ในกลุ่มของผักวงศ์กะหล่ำ (กมลและคณะ, 2544) ถูกเลือกเป็นพืชทดสอบหลักในการรายงานฉบับนี้ เนื่องจากเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย แต่กลับมีงานวิจัยในผักชนิดนี้น้อยมาก

ผักกาดฮ่องเต้ มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน ญี่ปุ่นและเอเชียกลาง นำเข้ามาปลูกในไทยเป็นระยะเวลานาน เป็นพืช 2 ฤดู แต่ปลูกเป็นพืชฤดูเดียว ก้านใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะแบน ส่วนโคนก้านใบจะขยายกว้างมาก และหนา เนื้อกรอบ ปลายใบมน ไม่ห่อหัว แหล่งปลูก ทางภาคเหนือของประเทศไทย (กรมยุทธศึกษาทหารบก, 2554)

ผักกาดฮ่องเต้ จัดอยู่ในกลุ่มของผักกินใบ เพราะสามารถบริโภคได้ทั้งต้นและใบ นิยมนำมาผัด แกง จืด หรือกินสดเป็นผักสลัด ผักกาดฮ่องเต้ เป็นผักที่มีวิตามินสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินเอ วิตามินซี นอกจากนั้นยังมีธาตุอาหารพวกแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีประโยชน์ช่วยลดการเสี่ยงจากการเป็นโรคมะเร็งโรคกล้ามเนื้อเสื่อม และโรคเลือดหัวใจตีบ ถ้าบริโภคผักกาดฮ่องเต้ 100 กรัม จะได้รับพลังงาน 16 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยโปรตีน 1.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.2 กรัม น้ำตาล 1.4 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม เส้นใย 1.2 กรัม โซเดียม 9 มิลลิกรัม (โครงการวิจัยและพัฒนาอาหารไทยเพื่อสุขภาพสำหรับการส่งออก, 2007)

ปัจจุบันผักกาดฮ่องเต้ยังมีประโยชน์ในการก่ออาชีพให้เกษตรกรนอกเหนือจากการทำไร่นา หรือผู้คนที่ไม่มีงานทำ ได้แก่อาชีพปลูกผักขาย ซึ่งจะเป็นรายได้เสริมหรือเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรได้ ดังนั้นผักกาดฮ่องเต้จึงเป็นทางเลือกใหม่ของเกษตรกรที่มีรายได้น้อย แต่อยากมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นทำให้ผักกาดฮ่องเต้เป็นทางเลือกใหม่ของเกษตรกรมากขึ้น (แสงแดด, 2548)

2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักกาดฮ่องเต้อยู่ในกลุ่มของผักตระกูลกะหล่ำ ก้านใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะแบน ส่วนโคนก้านใบจะขยายกว้างมาก และหนา เนื้อกรอบ ปลายใบมน ไม่ห่อหัว มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เกรเชียส Gracious (สีขาว) และพันธุ์ชิงเชียง Ching-chiang (สีเขียว) เป็นพันธุ์ที่มีรูปทรงสวย สม่ำเสมอ ลำต้นสีเขียวอ่อน เก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน โดยเฉพาะปลายฤดูฝน-ต้นหนาว (วิลเลียม, 2533)

การจัดเรียงของใบแบบสลับกันหลายชั้น ส่วนใบเลี้ยงมี 2-3 ใบ โดยปกติผักกาดฮ่องเต้จะทำการเก็บเกี่ยวในตอนเช้า จะให้ผลิตผลมากในช่วงฤดูหนาว และให้ผลิตผลน้อยที่สุดในช่วงฤดูร้อนเพราะว่าผักกาดฮ่องเต้จะไม่เจริญเติบโต โดยผักกาดฮ่องเต้จะเริ่มแก่หลังจากการเก็บเกี่ยวหลังหนึ่งสัปดาห์

ผักกาดฮ่องเต้ โดยปกติสามารถปลูกได้ 2 ปี และผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกใหม่จะให้ผลิตผลเมื่อผักเริ่มเจริญเติบโตได้อายุ 35-45 วัน สำหรับช่วงเวลาที่ผักกาดฮ่องเต้ให้ผลิตผลมาก คือ ตั้งแต่เดือนมีนาคมไปจนถึงเดือนกรกฎาคม และหลังจากนี้จะให้ผลิตผลน้อยลง (แสงแดด, 2548)

2.4 การขยายพันธุ์และการปลูกผักกาดฮ่องเต้

การขยายพันธุ์ผักกาดฮ่องเต้ สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน คือ การปลูกแบบหยอดเมล็ด การปลูกแบบเพาะต้นกล้า แต่วิธีที่นิยมปลูก คือ การปลูกแบบเพาะกล้า เพราะเป็นวิธีที่สะดวกต่อการย้ายต้นกล้า การปลูกผักกาดฮ่องเต้นิยมปลูกกันในช่วงฤดูฝน และฤดูหนาว คือประมาณ มีนาคม ถึง กรกฎาคม เพราะเป็นช่วงที่ผลิตผลมีการเจริญเติบโตได้ดีเป็นที่ต้องการของตลาด สำหรับระยะการปลูกผักกาดฮ่องเต้ คือ ในฤดูฝนใช้ระยะปลูก 25 × 20 เซนติเมตร ส่วนฤดูร้อน 20 × 20 เซนติเมตร การปลูกผักกาดฮ่องเต้ควรมีแปลงกว้าง 100 - 120 เซนติเมตร ระยะห่างของร่อง 50 ซนติเมตร ปรับหน้าแปลงให้เรียบ หากใช้วิธีหยอดเมล็ดโดยตรง ให้ใช้นิ้วกดหลุมลึก 0.5 เซนติเมตร หยอดเมล็ด 5 เมล็ดต่อหลุม ระยะปลูกแล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละฤดู กลบเมล็ด รดน้ำให้ชุ่ม ฉีดพ่น เซฟวิน 85 ป้องกันมดเข้าทำลาย ปลูกซ่อมต้นที่เสียหายภายใน 7 วัน หลังย้ายปลูก กำจัดวัชพืชทุก 15 - 20 วัน หลังย้ายปลูก หรือเมล็ดงอก และทำการถอนแยกให้เหลือ 2-3 ต้น ขีดร่องลึก 2 เซนติเมตรระหว่างแถวปลูก โรยปุ๋ย 46-0-0 ลงไปแล้วกลบดิน และรดน้ำตาม อาจเพิ่มปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 15-30 กรัมต่อตารางเมตร ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความจำเป็น และฉีดพ่นธาตุอาหารเสริม รดน้ำให้สม่ำเสมอ

โดยทั่วไปผักกาดฮ่องเต้เป็นพืชที่ต้องการน้ำมากพอสมควร แต่ไม่ชอบน้ำขัง เพราะจะทำให้รากและต้นเน่าได้ง่าย ควรรดน้ำในตอนเช้าและตอนเย็นทุกวันจนผักกาดฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตที่จะสามารถเก็บเกี่ยวได้ เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวไม่ควรรดน้ำในวันที่เก็บผลิตผล (ข่าวเกษตร, 2007)

2.5 การเก็บเกี่ยว

ควรเก็บเกี่ยวก่อนออกดอก (อายุประมาณ 35-45 วัน หลังปลูก) อย่าปล่อยให้ต้นแก่เกินไป คุณภาพจะต่ำลง ตัดต้น เหนือระดับดินเล็กน้อย เด็ดใบเสียหรือใบเหลืองออก ควรเหลือใบนอกไว้ 2-3 ใบ ป้องกันความเสียหายระหว่างการขนส่ง หากผลผลิตเปียกควรผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุส่งถุง ไม่ควรล้างผลิตผล เพราะจะทำให้เน่าเสียหายได้ง่าย

หลังเก็บเกี่ยวควรกำจัดวัชพืชในแปลงทิ้ง เพื่อป้องกันเชื้อโรคหลงเหลือในแปลง ซึ่งอาจจะระบาดได้ในการปลูกครั้งต่อไป

ข้อสังเกต

ช่วงแล้งผลผลิตจะน้อยมาก ควรมีการเพาะกล้าและปลูกตลอดจนเก็บเกี่ยวให้ตรงกับระยะเวลาของพันธุ์นั้นๆ เพราะถ้ากล้าแก่เกินไป หรือเก็บผลผลิตช้าเกินไป มักจะได้คุณภาพและราคาต่ำ หากใช้วิธีการหยอดเมล็ดอย่าใช้ในปริมาณที่มากเกินไป ฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมให้สม่ำเสมอ

2.6 การสูญเสียของผลิตผลสดหลังเก็บเกี่ยว

เกษตรกรผู้ปลูกผักในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย ใช้แรงงานครอบครัวเป็นหลัก การศึกษาน้อย มีความยากจน มีความรู้ ความชำนาญในระบบการผลิตแตกต่างกัน ซึ่งปกติจะผลิตตามความเคยชิน จึงมักพบปัญหาของผลผลิตล้นตลาดหรือขาดแคลนในบางช่วงอยู่เสมอ สาเหตุหนึ่งที่พบมากมาจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม ทำให้ ผลผลิตต่ำ ปริมาณไม่แน่นอน คุณภาพไม่สม่ำเสมอ บางชนิดพบสารพิษตกค้าง ไม่มีการกำหนดมาตรฐาน รวมทั้งผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวสูญเสียมาก (กมลและคณะ, 2544) ส่งผลให้สูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจไปเป็นจำนวนมาก จากการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวนี้

การสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพของผลิตผลสดทางการเกษตร รวมทั้งผักสดจะเกิดขึ้นระหว่างการเก็บเกี่ยว ภายหลังการเก็บเกี่ยว และระหว่างการนำไปบริโภค ปริมาณการสูญเสียของผักและผลไม้สดอยู่ในช่วง 5-25% ในประเทศที่พัฒนาแล้ว และประมาณ 20-50% ในประเทศที่กำลังพัฒนา อย่างเช่นประเทศไทย ปริมาณการสูญเสียจะผันแปรไปตามชนิดของผักและผลไม้ (นิธิยาและดนัย, 2537)

ในผลิตผลสด รวมทั้ง ผัดสดกินใบและต้น ภายหลังการเก็บเกี่ยว มักพบว่า ลำต้น ใบเกิดการเปลี่ยนสี การนิ่ม บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการคายน้ำ การหายใจ และการผลิตเอทธิลีน (ปัจจัยภายใน หัวข้อ 2.6) ในเซลล์พืช ปริมาณเอทธิลีนที่สูงสามารถกระตุ้นให้ผักเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว หรือ เมื่ออัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น มีการคายน้ำมากขึ้น ใบจะเริ่มเหี่ยวและเหลืองในที่สุด สามารถเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาได้ (จริงแท้, 2544) ดังนั้น ถ้าผู้ผลิตมีความรู้ และเข้าใจหลักการของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ พัฒนาวิธีการในการควบคุมปัจจัยต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว น่าจะส่งผลดีต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตผลสด

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลทางพืชสวนนั้นมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการที่ผลิตผลเหล่านี้จะดำรงสภาพอยู่เหมือนเดิมจึงเป็นไปไม่ได้ เพราะจะมีปัจจัยภายในของผลิตผลเองและปัจจัยภายนอกที่จะส่งเสริมให้ผลิตผลนั้นๆเสื่อมสภาพลง ดังนี้ (จริงแท้, 2544)

2.7.1 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว

การคายน้ำ ผักสด ประกอบด้วย น้ำเป็นส่วนใหญ่ (80 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า) และในระยะการเจริญเติบโตมันจะได้รับน้ำอย่างพอเพียง โดยผ่านทางระบบรากของพืช แต่เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วน้ำเหล่านี้ถูกตัดขาดและผลิตผลพืชมีชีวิตอยู่ได้ด้วยน้ำที่สะสมไว้เองเมื่อผลิตผลยังหายใจอยู่การคายน้ำก็ยังคงเกิดอยู่ต่อไปด้วย ผลของขบวนการคายน้ำนี้ เป็นการสูญเสียน้ำจากผลิตผลพืชเก็บเกี่ยวมาแล้ว ซึ่งมิอาจทดแทนได้ อัตราการสูญเสียน้ำโดยการคายน้ำจึงเป็นอีกปัจจัยสำคัญหนึ่งที่จะกำหนดชีวิต ซึ่งก็หมายถึงความสดหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืช การสูญเสียน้ำทำให้น้ำหนักลดลง ยิ่งสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นรูปร่างและความยืดหยุ่นของผลิตผลพืช จะยิ่งลดลงจนอ่อนนิ่มและเหี่ยวแห้งไป ผลิตผลสดคายน้ำออกมาเป็นไอน้ำผ่านทางช่องเปิดตามธรรมชาติ และสร้างความเสียหายให้แก่ผิวได้ ช่องเปิดตามธรรมชาตินั้น รวมถึง รูใบ (Stomata) ซึ่งเป็นรูเปิดเล็กมากในผิว (Epidermis) เป็นทางที่ก๊าซต่างๆ เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านเข้าหรือออกด้วยจำพวกผักใบจะคายน้ำมากที่สุดทาง Stomata ทางอื่นที่ผลิตผลพืชสวนคายน้ำออกได้ เช่น lenticel ในมันฝรั่ง หรือแผลที่ขั้ว (Stem end) ของมะเขือเทศ Hydratode ในกะหล่ำปลี เป็นต้น โดยทั่วๆ ไปแล้ว พื้นผิวผลิตผลยิ่งแผ่กว้าง อัตราการคายน้ำเร็วกว่าพื้นผิวที่แคบกว่า ตัวอย่าง เช่น ผักกาดหอม และขึ้นฉ่ายจะคายน้ำได้เร็ว แตงกวา ฝรั่งหรือมะม่วงมีเนื้อที่ผิวแผ่แคบจะคายน้ำช้ากว่า ผักคะน้า ผักกวางตุ้งซึ่งมีใบแผ่กว้าง จะคายน้ำเร็วกว่าผักกาดหอมห่อและกะหล่ำปลี ซึ่งยังมีในนอกสัมผัสกับอากาศห่อหุ้มอยู่ ป้องกันการระเหยจากการคายน้ำไว้ชั้นหนึ่งก่อนแล้ว จึงเหี่ยวช้า

การหายใจ เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเอนไซม์ ที่จะเปลี่ยนโครงสร้างของอาหารจำพวกแป้ง โปรตีนและไขมันที่พืชสะสมไว้แล้วก็ปล่อยพลังงานออกมาและสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ ขึ้นด้วย อัตราการเน่าเสียจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราของการหายใจ การสูญเสียอาหารของผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วไป เนื่องจากการหายใจนี้ก็คือ ทำให้คุณค่าทางอาหารลดน้อยลง ทำให้เสียรสชาติโดย เฉพาะอย่างยิ่งคือความหวาน ทำให้สูญเสียน้ำหนัก ทำให้อาหารในเนื้อเยื่อของผลิตผลลดน้อยลง เป็นเหตุให้ผลิตผลสุกงอมแล้วเซลล์แตกตายไปในที่สุด สำหรับพลังงานที่ปล่อยออกมาในรูปของความร้อนนั้น มีความสำคัญยิ่งต่อเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพราะจะเป็นตัวกำหนดว่าผลิตผลใดต้องการอุณหภูมิต่ำแค่ไหน หรือต้องให้มีการถ่ายเทอากาศมากน้อยเท่าใดในการเก็บรักษาคุณภาพ ผลไม้ บางอย่างมีอัตราการหายใจต่ำ เช่น ส้ม องุ่น ในขณะที่บางชนิดก็มีอัตราการหายใจสูง เช่น สตอรเบอรี่และอาโวกาโด มะม่วง หรือจำพวกผักบางชนิด เช่น หน่อไม้ฝรั่ง เห็ด ข้าวโพดหวาน เป็นต้น ก็มีการเปลี่ยนแปลงและหมดอายุเร็วกว่ากันด้วย ดังได้กล่าวแล้วว่าผลไม้สดและผักสดต้องหายใจ เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานพอเพียงต่อการดำรงชีพ มันหายใจโดยดูดซับออกซิเจนจากบรรยากาศแล้วปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเหมือนขบวนการหายใจของคน สัตว์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ระหว่างการหายใจ การสร้างพลังงานเป็นผลของการสันดาป แป้ง น้ำตาลและสารเมทาโบไลท์อื่นๆ ซึ่งผลิตผลพืชสะสมเอาไว้เอง เมื่อผลไม้และผักถูกเก็บเกี่ยวมาแล้ว จะไม่สามารถหาอาหารสะสมที่สูญเสียไปเหล่านี้มาแทนได้ และอาหารที่ถูกใช้หมดไปจะเป็นปัจจัยสำคัญในการมีชีวิตหลังเก็บเกี่ยวผลิตผลพืช การหายใจเป็นการสร้างพลังงานของพืชภายหลังการเก็บเกี่ยว แต่เมื่อมีพลังงานแล้วย่อมจะเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนนี้ถ้าสะสมไว้โดยไม่มีทางระบายออกไปได้ และเน่าเสีย

ด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ผลิตผลพืชจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ จนเนื้อเยื่อถูกทำลายและเกิดการตายและเน่าเสียขึ้น ในระยะการเจริญเติบโตในไร่สวนซึ่งเป็นที่โล่งแจ้ง ความร้อนนี้จะถ่ายเทสู่บรรยากาศไม่สะสมในที่ๆจำกัด แต่ภายหลังเก็บเกี่ยวมาแล้ว และเก็บผลิตผลพืชไว้ในที่จำกัด เช่น ในโรงเก็บอับๆ ในถุงพลาสติกในหีบห่อ การกระจายตัวของความร้อนถูกจำกัดไปด้วย เมื่อไม่มีทางระบายความร้อนออกไปได้ ความสูญเสียจึงเกิดขึ้น

การผลิตเอทธิลีน เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ ซึ่งเนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสามารถสร้างขึ้นได้ และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ค่อนข้างมาก โดยปกติมีการสร้างในปริมาณน้อย แต่เมื่อผักและผลไม้สุก หรือมีการกระทบกระเทือน เช่น เกิดบาดแผล จะมีการสร้างสารเอทธิลีน ขึ้นอย่างมาก และไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น การสุก การเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลือง การหลุดร่วงของดอกและใบ และเร่งให้มีการหายใจมากขึ้น นอกจากนี้ เอทธิลีนยังอาจเกิดขึ้นได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การเผาขยะ การจุดธูป การทำงานของเครื่องยนต์ต่างๆ ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และพบสะสมอยู่ใต้พื้นดินหรือมหาสมุทร ซึ่งก๊าซเอทธิลีนนี้ทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงกับผักและผลไม้ได้เช่นกัน ภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงต้องป้องกันไม่ให้ผักและผลไม้ผลิตสารเอทธิลีนออกมามากและไม่ให้สัมผัสกับก๊าซเอทธิลีนจากภาย นอก ยกเว้นในกรณีที่ต้องการบ่มผลไม้ให้สุก

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบเคมีอื่นๆของพืชมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสร้าง หรือเสื่อมสลายตัวของสารสี (Pigment) การเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาล การเพิ่มปริมาณลิกนิน (lignin) ในผลิตผลที่มีเส้นใยมาก การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนนำไปสู่การสูญเสียของผลิตผล

การพัฒนาและการเจริญเติบโตของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ผลิตผลบางชนิดเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วยังมีการพัฒนา มีการเจริญเติบโตขึ้นให้เห็นชัดเจน เช่น การงอกของมันฝรั่ง มันเทศ หอม และกระเทียม ต้องใช้อาหารที่สะสมอยู่ จึงทำให้ผลิตผลเสื่อมสภาพได้เร็ว ผลิตผลบางอย่างมีการตอบสนองต่อแสงและแรงโน้มถ่วงของโลกด้วย เช่น ดอกเยอบีรา และ หน่อไม้ฝรั่ง ถ้าวางในลักษณะนอนราบจะโค้งงอขึ้น ลักษณะต่างๆเหล่านี้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2.7.2 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว

ความชื้น ถ้าเราต้องการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสดใดๆ ก็ตาม เราต้องชะลอขบวนการหายใจและขบวนการคายน้ำให้ช้าลง ขบวนการคายน้ำเป็นการเคลื่อนที่ของไอน้ำ ไปตามระดับความอิ่มตัวสูงสู่ระดับความอิ่มตัวต่ำ ถ้าความชื้นในอากาศสูงความกดดันของไอน้ำก็จะสูงตามไปด้วย ณ ที่อุณหภูมิหนึ่งปริมาณไอน้ำในอากาศจะถูกจำกัดเมื่ออากาศมี ไอน้ำอิ่มตัว 100 % แล้วหากมีไอน้ำเพิ่มขึ้นอีกก็จะควบ แน่นกลายเป็นหยดน้ำ อากาศร้อนสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังจะเห็นได้จากการควบแน่นของไอน้ำเป็นหยดน้ำ อยู่ นอกขวดน้ำแช่เย็นที่นำออกมาวางที่อุณหภูมิสูงขึ้น จุดอิ่มตัวต่ำ ณ ที่อุณหภูมิใดๆ เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % และอากาศแห้งโดยสิ้นเชิง คือ ความชื้นสัมพัทธ์ 0 % ดังนั้น ถ้าบรรยากาศ โดยรอบมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 % และบรรยากาศภายในผลิตผลพืชมีความชื้นสัมพัทธ์ 100 % ไอน้ำจะสูญเสียให้กับอากาศที่อยู่โดยรอบอากาศโดยรอบนี่ถ้ายิ่งแห้ง การสูญเสียน้ำของผลผลิตพืชผ่านทางขบวนการคายน้ำก็จะยิ่งเร็วขึ้น เพราะฉะนั้น ถ้าเราสามารถควบคุมอิทธิพล ที่มีต่อการคายน้ำ โดยการเก็บผลิตผลไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงมากๆ ก็จะสามารถช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวได้มาก

อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่อขบวนการหายใจ ถ้าปล่อยให้อุณหภูมิของผลิตผลพืชสวนสูงขึ้น อัตราการหายใจก็สูงขึ้นด้วย และเมื่ออัตราการหายใจสูง ความร้อนจะสูงขึ้นอีกเช่นนี้ไป เรื่อยๆ

ดังนั้น การรักษาอุณหภูมิของผลิตผลพืชให้อยู่ในระดับต่ำ ทำให้ขบวนการหายใจลดลง เป็นการช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสวนได้ทางหนึ่ง อุณหภูมินอกจากมีอิทธิพลต่อการหายใจแล้ว ยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลพืชด้วย เก็บผลิตผลพืชไว้ที่อุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อถ้าเก็บที่ 60 องศาเซลเซียส ขบวนการเกี่ยวกับเอนไซม์ทุกชนิดจะหยุด และผลิตผลก็จะตาย ความเสียหาย เนื่องจากอุณหภูมิสูง จะเห็นได้จากการเกิดกลิ่นแอลกอฮอล์และรสชาติเสียไป เพราะเป็นผลของปฏิกิริยาการหมัก (fermentation) และการสลายตัวของเนื้อเยื่อ ปกติมักเกิดขึ้นเมื่อเก็บผลิตผลพืชสวนปริมาณมากไว้ในอุณหภูมิสูง การเก็บไว้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า จะทำให้เนื้อเกิดช้ำหรือสุกไม่เท่ากัน เกิดเชื้อราและเน่าเร็ว ผลิตผลที่เก็บในอุณหภูมิที่เย็นเกินควรแล้ว นำออกมาไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ รสชาติผิดไปจากเดิมและผลิตผลนั้น มักไม่เป็นที่ต้องการของตลาด อย่างไรก็ตาม ผลไม้เมืองร้อนส่วนใหญ่จะทนความเย็นได้โดยไม่เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อ ที่อุณหภูมิระหว่าง 5-14 องศาเซลเซียส ผลไม้ เช่น มะละกอ กล้วย สับปะรด จะแสดงอาการสลายตัวของเนื้อเยื่อ เกิดมีสีดำและผิดรสชาติจะไม่สุก แม้ว่าจะช่วยบ่ม ถ้าเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจัดปลอดภัยดังกล่าว อาการสูญเสียของผลไม้และผัก เนื่องจากความเย็นจัด

องค์ประกอบของบรรยากาศ ในบรรยากาศปกติมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 21% ซึ่งจำเป็นสำหรับการหายใจของผลิตผล โดยเฉพาะกับผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโต ส่วนพวกที่อยู่ระหว่างการพักตัวไม่ต้องการออกซิเจนมากนัก ในการเก็บรักษาถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำช่วยลดอัตราการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่ถ้าออกซิเจนน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช่ออกซิเจน (anaerobic) และทำให้ผลิตผลเสียหาย คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการหายใจก็เช่นเดียวกัน หากมีการสะสมในที่เก็บรักษาผลิตผลมากเกินไป ก็อาจทำให้เกิดการผิดปกติในการหายใจและทำให้ผลิตผลเสียหายได้เช่นเดียว นอกจากแก๊สทั้งสองแล้ว เอทธิลีนเป็นแก๊สสำคัญซึ่งอาจเกิดจากการผลิตของผลิตผลเองหรือเกิดจากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากเชื้อรา หรือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ แก๊สเอทธิลีนนี้จะกระตุ้นให้เกิดการสุกหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ที่ไม่พึงปรารถนาขึ้นได้ เช่น การงอกของมันฝรั่ง การสร้างเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่ง และการเปลี่ยนเป็นสีม่วงของกลีบดอกกุหลาบ เป็นต้น องค์ประกอบของบรรยากาศในการเก็บรักษาผลิตผลต่าง ๆ จึงควรได้รับการปรับแต่งให้พอเหมาะกับผลิตผลแต่ละอย่างไป

แสงและแรงโน้มถ่วง แสงและแรงโน้มถ่วงของโลกนอกจากจะมีอิทธิพลต่อผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโตดังที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจเป็นได้ทั้งข้อดีและข้อเสีย เช่น มันฝรั่งในสภาพการเก็บรักษาที่มีแสงจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ขึ้นมา ทำให้มันฝรั่งมีสีเขียวและมีการสะสมของสารพิษเกิดขึ้นด้วยซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ในทางตรงกันข้าม การเก็บรักษาผักรับประทานใบในสภาพที่มีแสงจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เพราะการสังเคราะห์แสงยังคงเกิดขึ้น สำหรับแรงโน้มถ่วงของโลกนอกจากจะทำให้ผลิตผลบางอย่างโค้งงอดังได้กล่าวแล้วเมื่อไม่นานมานี้นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้รายงานว่าการวางผลิตผลหลายชนิดในระหว่างการเก็บรักษาในท่าทางต่าง ๆ กัน ผลิตผลเหล่านี้มีการตอบสนองแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าแรงโน้มถ่วงอาจมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในผลิตผล และอาจทำให้อายุการเก็บรักษาแตกต่างกันไปได้ในการวางผลิตผลในท่าต่าง ๆ กัน

โรคและแมลง เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ผลิตผลทางพืชสวนยังมีโรคและแมลงเข้ารบกวน ส่วนใหญ่แล้วการเข้าทำลายของศัตรูเหล่านี้มักเกิดขึ้นในแปลงปลูกแต่เนื่องจากผลิตผลโดยทั่วไปจะมีความสามารถในการต้านทานโรคอยู่แล้วในตัว อาการผิดปกติต่าง ๆ จึงมักไม่ปรากฏให้เห็น จนกระทั่งเมื่อผลิตผลเริ่มเสื่อมสภาพ เช่น เมื่อเกิดกาสุกขึ้นความต้านทานต่อโรคต่าง ๆ ลดลง เชื้อจุลินทรีย์ที่แอบแฝง

อยู่ก่อนแล้วก็จะเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว การป้องกันกำจัดควรจะกระทำตั้งแต่อยู่ในแปลง แต่ก็อาจไม่ได้ผลเต็มที่ต้องอาศัยวิธีการต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยวเข้าช่วยด้วย

2.8 แนวทางการยืดอายุการเก็บรักษาผักสดโดยการใช้ 1-MCP

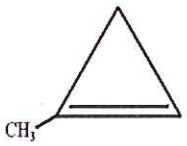
เป็นที่ทราบกันดีว่า เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ ซึ่งเนื้อเยื่อพืชสามารถสร้างขึ้นเองได้ เอทธิลีนมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผลสด ซึ่งหมายรวมถึง ผัก ผลไม้ และดอกไม้ โดยปกติพืชสามารถผลิตเอทธิลีนได้ในปริมาณที่น้อย แต่เมื่อผลิตผลแก่เต็มที่ หรือเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก หรือได้รับความเครียดจากการกระทบกระเทือน หรือจากการเกิดบาดแผล พบสภาพแล้งสภาพน้ำขัง จะพบว่าผลิตผลมีปริมาณการผลิตเอทธิลีนเพิ่มมากขึ้น และส่งผลกระตุ้นกระบวนการต่างๆให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น การสุก การเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลือง การหลุดร่วงของดอกและใบ และอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้น (จริงแท้, 2544) ทำให้อายุการเก็บรักษาโดยรวมลดลง

การป้องกันความเสียหายที่เกิดจากอิทธิพลของเอทธิลีนเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตผลสด รวมทั้งผัก ความเสียหายของผักที่เกิดจากเอทธิลีนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณเอทธิลีนในบรรยากาศ ระยะเวลาที่ได้รับเอทธิลีน อุณหภูมิ การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ การใช้วิธีอื่นควบคู่ไปกับการควบคุมอุณหภูมิ อายุการเก็บรักษาของผักแต่ละฤดูกาล ผู้ผลิตผักสามารถลดการผลิตเอทธิลีนได้ในการบรรจุและบริเวณที่เก็บรักษาได้หลายวิธี

ซึ่งนำมาสู่การศึกษาโดยนำ 1-methylcyclopropene มาทดสอบกับผักกินใบ รวมทั้ง ผักกาดฮ่องเต้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีนี้ว่ามีผลในการยับยั้งอิทธิผลของเอทธิลีนได้หรือไม่ และส่งผลในการชะลอการเสื่อมสภาพ

1-methylcyclopropene (1-MCP) มีสูตรทางเคมี คือ $C_4 H_6$ เป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทธิลีน (Rohm and Hass Co. Ltd., 1999) อยู่ในรูปของก๊าซ ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่เป็นพิษต่อพืช และมีประสิทธิภาพสูงที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (Ku and Wills, 1999)

1-MCP มีชื่อทางการค้าว่า EthylBloc® ผลิตโดยบริษัท Bio Technologies for Horticulture, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา มีลักษณะเป็นผงสีขาว โดยในปัจจุบัน 1-MCP ถูกผลิตและจำหน่ายโดยบริษัท Agro-Fresh Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกาภายใต้ชื่อการค้าใหม่ว่า Smart Fresh โดยยังคงประสิทธิภาพในการยับยั้งเอทธิลีนเช่นเดิม 1-MCP มีประสิทธิภาพการทำงานสูงมากที่ความเข้มข้นต่ำและสามารถออกฤทธิ์ได้ภายใน 2-24 ชั่วโมง โดย 1-MCP มีสารออกฤทธิ์ในปริมาณ 0.16% ของเนื้อสาร 1-MCP ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา (FDA) ให้สามารถนำ 1-MCP มาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร 1-MCP ยับยั้งการทำงานของเอทธิลีนโดยการแย่งพื้นที่ในการจับกับตัวรับเอทธิลีน หรือ ethylene receptor ภายในเนื้อเยื่อพืช เอทธิลีนจึงไม่สามารถทำงานได้ ทำให้พืชตอบสนองต่อเอทธิลีนลดลง 1-MCP มีสูตรโครงสร้างโมเลกุล ดังนี้



รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของ 1-MCP

ใน 1-MCP ที่มีสารเคมีที่เป็นตัวทำงานจะถูกปล่อยออกมาที่ความเข้มข้นในบรรยากาศเพียง 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) สามารถให้ผลตามต้องการ ประสิทธิภาพความสำเร็จของ 1-MCP ค่อนข้างแตกต่างขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลที่ตอบสนองต่อ 1-MCP ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาของ 1-MCP ที่ใช้ และปัจจัยสภาพแวดล้อม เป็นต้น

ระบบการผลิตผัดสดในประเทศไทยให้มีคุณภาพในระดับมาตรฐานน้ขั้นค่อนข้างจำกัด เนื่องจากขาดเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมาใช้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะระบบการทำความเย็นกับผลิตผลสด ดังนั้น การนำ 1-MCP มาใช้ในการจัดการระหว่างการขนส่ง หรือกหลังการเก็บเกี่นวทันที อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่คบวคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่น่าส่งเสริม จากการศึกษาของ Klieber (2001) พบว่า 1-MCP ไม่ได้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดขาวปลีที่เก็บรักษาในห้องเย็น และจากการศึกษษเป็นที่น่าสังเกตุว่า 1-MCP อาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการชะลอการเสื่อมสภาพของผักเมื่อเก็ยรักษาในห้องเย็นร่วมกับผลิตผลสดชนิดอื่นที่มีอัตราการลผลิตเอทธิลีนสูง ดังเช่น ผลแอบเปิ้ล

อย่างไรก็ตาม การศึกษาก่อนหน้านี้ ได้รายงานประสิทธิภาพของ 1-MCP ในการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลากหลายชนิด ดังเช่น Able et al (1999, 2002) พบว่า การใช้ 1-MCP อัตรา 12 ppm กับผักกวางตุ้ง สามารถชะลอการเกิดสีเหลืองที่ใบได้ แต่พบประสิทธิภาพสูงสุดเพียง 10-20%

ประสิทธิภาพของ 1-MCP จะปรากฏเด่นชัดเมื่อปรากฏร่วมกับเอทธิลีนจากสภาพภายนอก ดัง ในการทดลองของ O'Hare and Wong (2002) รายงานว่า เมื่อให้เอทธิลีนในอัตรา 1 ppm กับ ผักกาดกวางตุ้ง พบว่า ใบผักเกิดอาการเหลืองอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อให้ 1-MCP อัตรา 12 ppm ก่อนการให้เอทธิลีนกลับพบว่า 1-MCP สามารถยับยั้งหรือชะลอการเหลืองของใบ และยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดกวางตุ้งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังพบว่า การให้ 1-MCP ในอัตรา 12 ppm ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส (^{o}C) ส่งเสริมประสิทธิภาพของ 1-MCP กว่าการใช้ในที่อุณหภูมิต่ำ (2, 10 และ 15^{o}C) ในการทดสอบกับผักกาดฮ่องเต้ สามารถยืดอายุการเก็บรักษานานขึ้น ที่อุณหภูมิ 10 ^{o}C และพบว่าอายุทางสรีรวิทยาของใบผักกาดฮ่องเต้ ตอบสนองต่อ 1-MCP แตกต่างกัน โดย ใบอ่อน ใบด้านใน (younger and inner leaves) สามารถตอบสนองและมีอายุการเก็บรักษาดีกว่าใบแก่ ใบด้านนอก (older and outer leaves) ของผักกาดฮ่องเต้ เมื่อทดสอบกับ 1-MCP

1-MCP ยังมีประสิทธิภาพชะลอการเหลืองของผักชนิดอื่น ดังเช่น บล็อกโคลีได้เป็นอย่างดี ดุสิต (2546) ใช้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 1, 12 และ 24 ไมโครลิตรต่อลิตร นาน 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายบล็อกโคลีได้นานถึง 8 วัน ที่อุณหภูมิ 10 ^{o}C

อย่างไรก็ตาม Able et al (1999, 2002) พบว่า การใช้ 1-MCP ซ้ำ กลับไม่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพ และไม่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาในผักกาดฮ่องเต้ จากการศึกษาดังกล่าว Able et al (2002) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความสำเร็จของการใช้ 1-MCP ว่า ควรใช้สารนี้ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว และ 1-MCP น่าจะมีประโยชน์ต่อการจัดการผักกาดฮ่องเต้ ในระหว่างการรอการเก็บรักษา และรอการขนส่ง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่อาจมีเอทธิลีนปนเปื้อนในบรรยากาศ

จะเห็นได้ว่า 1-MCP มีศักยภาพในการรักษาคุณภาพของผักสดหลังเก็บเกี่ยว ดังนั้น การใช้ 1-MCP ดังนั้นรายงานฉบับนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการประเมินประสิทธิภาพของ 1-MCP ต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผักกาดฮ่องเต้ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมพืชทดสอบก่อนการเก็บรักษา

ผักสดในกลุ่มของผักกินใบและต้น ได้แก่ โหระพา (Sweet basil) คะน้า (Chinese kale) ผักชีฝรั่ง (Foietid eryngium) คื่นช่าย (Celery) ผักชี (Chinese coriander) และ ผักกาดฮ่องเต้ (Pak chai) ถูกเก็บเกี่ยว ในระยะเวลาที่เหมาะสมจากแปลงเกษตรกรในพื้นที่ปลูกในเขตจังหวัดพิษณุโลก หรือแหล่งผลิตที่ใกล้เคียง และขนส่งอย่างระมัดระวังจากแหล่งผลิตมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ในวันเดียวกัน หลังจากนั้น นำผักมาล้างทำความสะอาด คัดขนาด ต้นและใบให้สม่ำเสมอ ปราศจากโรคและแมลง ผึ่งให้แห้งก่อนนำมาศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 1) โดยเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผักกินใบ ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28°C) และ อุณหภูมิ ตู้แช่ (ประมาณ 3°C) เพื่อประเมินลักษณะการเสื่อมสภาพ และการตอบสนองเบื้องต้นต่อ 1-MCP

จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่า ผักกาดฮ่องเต้ให้การตอบสนองที่ดีกว่าผักกินใบชนิดอื่น ๆ ดังนั้น ในรายงานฉบับนี้ จึงเน้นการทดสอบเฉพาะในผักกาดฮ่องเต้

ผักกาดฮ่องเต้ ถูกคัดเลือกให้เป็นพืชทดสอบ โดยการให้ 1-MCP ในแต่ละระดับความเข้มข้น ในการทดลองต่อไป (รายละเอียดในหัวข้อ 3.2) (ภาพที่ 2) ก่อนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28°C; ภาพที่ 3) และ อุณหภูมิ ตู้แช่ (ประมาณ 3°C) บันทึกข้อมูล ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (รายละเอียดในหัวข้อ 3.4) ระยะเวลาการทดลองในห้องปฏิบัติการ เริ่มจาก 21 ต.ค. 2553 จนถึง 9 ธันวาคม 2553 (ภาคผนวก)

3.2 สิ่งทดลอง (Treatment) และวัตถุประสงค์ย่อย

การศึกษาแยกออกเป็น 3 การทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4-5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น สามารถแบ่งการทดลองได้ ดังนี้

การทดลองที่ 1: ศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผักกาดฮ่องเต้ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03°C, 38.35±69.55% RH) โดยใช้ระยะเวลารมนาน 6 ชั่วโมง บันทึกข้อมูล ทุกวันเป็นเวลา 5 วัน (Day 0, 1, 2, 3, 4, 5) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น

Treatment 1: ชุดควบคุม (ไม่ใช้ 1-MCP)
Treatment 2: 1-MCP 1 เม็ด (7200 ppb) นาน 6 ชั่วโมง
Treatment 3: 1-MCP ½ เม็ด (3600 ppb) นาน 6 ชั่วโมง
Treatment 4: 1-MCP ¼ เม็ด (1800 ppb) นาน 6 ชั่วโมง

การทดลองที่ 2: ศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผักกาดฮ่องเต้ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ ตู้แช่ (3.64±0.04°C, 75.95±0.19 %RH) บันทึกข้อมูล ทุก 3 วันเป็นเวลา 18 วัน (Day 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น

Treatment 1: ชุดควบคุม (ไม่ใช้ 1-MCP)
Treatment 2: 1-MCP 1 เม็ด (7200 ppb) นาน 6 ชั่วโมง
Treatment 3: 1-MCP ½ เม็ด (3600 ppb) นาน 6 ชั่วโมง
Treatment 4: 1-MCP ¼ เม็ด (1800 ppb) นาน 6 ชั่วโมง

การทดลองที่ 3: ทดสอบประสิทธิภาพของ 1-MCP ต่อการยับยั้งการทำงานของ ethephon ในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังการรม 1-MCP โดยใช้ระยะเวลารมนาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาไว้ ในอุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02°C, 49.32 ±0.14 %RH) บันทึกข้อมูล ทุกวันเป็นเวลา 4 วัน (Day 0, 1, 2, 3, 4) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น

Treatment 1: ชุดควบคุม (ไม่ใช้ 1-MCP)
Treatment 2: 1-MCP 1 เม็ด (7200 ppb) นาน 6 ชั่วโมง
Treatment 3: 1-MCP ½ เม็ด (3600 ppb) นาน 6 ชั่วโมง
Treatment 4: ethephon 1000 ppm (ฉีดพ่น)
Treatment 5: 1-MCP 1 เม็ด + ethephon 1000 ppm (ฉีดพ่น)
Treatment 6: 1-MCP ½ เม็ด + ethephon 1000 ppm (ฉีดพ่น)

3.3 การเตรียม 1-MCP และภาชนะที่ใช้ในการรม

1-MCP ที่ใช้มีลักษณะเป็นเม็ดมีชื่อทางการค้าว่า ไบโอลีน (Biolene® 0.07% 1-MCP; บริษัทไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด, กรุงเทพ ฯ) นำ 1-MCP แบบเม็ดนี้ไปให้ความชื้น โดยการเตรียมน้ำกลั่น จำนวน 20 ml ภายในบีกเกอร์ 50 ml จากนั้นนำ 1-MCP ที่แบ่งตามขนาดใส่ลงในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ เมื่อใส่ 1-MCP ลงในบีกเกอร์ ทำการปิดฝาภาชนะที่ใช้ในการรม 1-MCP ทันที จะสังเกตกลุ่มควันเกิดขึ้น กลุ่มควันที่ปลอดปล่อยออกมาคือ 1-MCP นั่นเอง ทั้งนี้ต้องนำผักแต่ละชนิดบรรจุลงในภาชนะรมก่อนใส่ 1-MCP (ภาพที่ 4)

ระดับความเข้มข้นของ 1-MCP อาศัยหลักการคำนวณตามปริมาตรของภาชนะที่ใช้ในการรม จากรายงานความเข้มข้นของ 1-MCP ขนาด 1 เม็ด ในภาชนะบรรจุขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร พบว่า ให้ความเข้มข้นของ 1-MCP เท่ากับ 900 ppb (รายงานสรุปจากบริษัทไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด, กรุงเทพ ฯ) ดังนั้น ถ้าในภาชนะรมขนาด 1/8 เท่า ของ 1 ลูกบาศก์เมตร ในการทดลองนี้

การใช้ 1-MCP ขนาด 1 เม็ด ให้ความเข้มข้น เท่ากับ 7200 ppb
การใช้ 1-MCP ขนาด ½ เม็ด ให้ความเข้มข้น เท่ากับ 3600 ppb
การใช้ 1-MCP ขนาด ¼ เม็ด ให้ความเข้มข้น เท่ากับ 1800 ppb ตามลำดับ

3.4 การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูล การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้ คือ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงของสี คะแนนสภาพภายนอก การเน่าเสีย การเกิดตำหนิอื่น ๆ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ อายุการเก็บรักษา โดยบันทึกข้อมูล ทุกวัน (0, 1, 2, 3, 4, 5) ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ ทุก 3 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ตู้แช่

3.4.1 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

บันทึกน้ำหนักของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ก่อนและหลังการทดสอบด้วย 1-MCP และภายหลังการเก็บรักษาในแต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษา หลังจากนั้น คำนวณ และแสดงผลเป็นเปอร์เซนต์ ดัง สมการ

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลัง}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.4.2 การเปลี่ยนแปลงสีของใบผัก

3.4.2.1 ประเมินโดยการให้คะแนน

สุ่มใบขนาดกลางด้านนอกของผักกาดฮ่องเต้ในแต่ละต้นจำนวน 5 ใบ ประเมินสีใบ และให้คะแนนจาก (1-5) (ประยุกต์จากคะแนนสี University of California, Davis, U.S.A.) โดย

5 = ใบมีสีเขียวเข้ม
4 = ใบมีสีเขียว
3 = ใบมีสีเขียวค่อนไปทางเหลืองเล็กน้อย
2 = ใบมีสีเขียว-เหลืองมากกว่า 5 % ของพื้นที่ใบ
1= ใบมีสีเหลืองมากกว่า 20 %

3.4.2.2 ประเมินโดยการใช้ Colorimeter

สุ่มใบขนาดกลางด้านนอกของผักกาดฮ่องเต้ในแต่ละต้นจำนวน 5 ใบ นำมาวัดค่าสี และการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้เครื่องวัดสี (ภาพที่ 5) (Colorimeter, Miniscan XP PLUS 5.4-0.9/2002, U.S.A) วัดด้านบนของแต่ละใบ 4 จุด (ดัดแปลงจาก Ku and Wills, 1999) แสดงผลเป็น ค่า L*, C* and Hue angle (h°) ดังนี้

L*= คือ ค่าความสว่าง ถ้า L*มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีคล้ำ หากค่าL*เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมี ความสว่าง

C*= ความเข้มของสี หรือ Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุสีซีดจางหากเข้าใกล้ 60 วัตถุมีสีเข้ม

h° = ค่าเฉดสี Hue angle มีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว

3.4.3 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้

ผักกาดฮ่องเต้ในแต่ละต้น ถูกประเมินสภาพภายนอก (ภาพที่ 6) โดยการให้คะแนน จาก (1-5) ตามการเกิดตำหนิ รวมทั้งรอยช้ำของต้น ดังนี้

5 = มีสภาพดีมาก (ไม่มีรอยช้ำของใบและก้านใบ)
4 = มีสภาพดี (ไม่มีรอยช้ำของใบและก้านใบ)
3 = มีสภาพปานกลาง (มีรอยช้ำของใบและก้านใบเล็กน้อย)
2 = มีสภาพดีเล็กน้อย (มีรอยช้ำของใบและก้านใบมากกว่า 20%)
1= มีสภาพเลวร้าย (มีรอยช้ำของใบและก้านใบมากกว่า 50%)

3.4.4 คะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้

ผักกาดฮ่องเต้ในแต่ละต้น โดยการประเมินทางประสาทสัมผัสประเมิน ถูกประเมินการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติจากการให้คะแนน (0-5) ดังนี้ คือ

5 = มีกลิ่นผิดปกติมาก-รุนแรง
4 = มีกลิ่นผิดปกติมาก
3 = มีกลิ่นผิดปกติปานกลาง
2 = มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย
1= ไม่พบกลิ่นผิดปกติ

3.4.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์

การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (ภาพที่ 7) โดยนำใบผักกาดฮ่องเต้ 1-3 ใบ ของแต่ละต้น หั่นฝอย ปรับน้ำหนักประมาณ 1 กรัม แช่ใน Acetone 80% (5ml นาน 5 นาที) บดให้ละอียด กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ปรับปริมาตร ให้เป็น 20 ml ด้วย Acetone 80% หลังจากนั้น นำสารละลายที่ได้ วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer Spectronic 21 ที่ความยาวคลื่น 633 และ 645 nm คำนวณ และแสดงผลเป็น mg/ 100 g FW (ประยุกต์จาก Arnon, 1949) ดัง สมการ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ = (12.7D663 - 2.69D645) * (V/1000*W)
ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี = (22.9D645 - 4.68D663) * (V/1000*W)
ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม = (20.2D645 + 8.02D663) * (V/1000*W)

โดย D663 = O.D ที่ความยาวคลื่น 663 nm
D645 = O.D ที่ความยาวคลื่น 645 nm
V = ปริมาตร acetone ที่ใช้ (20 ml)
W = น้ำหนักของใบผัก (1g)

3.4.6 อายุการเก็บรักษา

ประเมินอายุการเก็บรักษาของผักกาดฮ่องเต้ ณ วันที่มีคะแนนสีของใบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 เป็นเกณฑ์ ซึ่งเป็นระยะที่ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีใบเหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบทั้งหมด ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ถือว่า หมดสภาพ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วยจำนวนซ้ำ 4-5 ซ้ำ ขึ้นอยู่แต่ละการทดลอง เปรียบเทียบความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สำรวจแหล่งผลิตผักกินใบในเขตจังหวัดพิษณุโลก และพื้นที่ใกล้เคียง พื้นที่ตลาดค้าส่ง ในช่วงเดือนกันยายน 2553

เริ่มดำเนินการทดลอง ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 รวม ประมาณ 40 วัน ดังนี้

- การทดสอบเบื้องต้น เกี่ยวกับการตอบสนองของผักกินใบแต่ละชนิด ช่วงเดือน กันยายน 2553
- เริ่มการทดลองที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2553 สิ้นสุดวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2553
- เริ่มการทดลองที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2253 สิ้นสุดวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2553
- เริ่มการทดลองที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2253 สิ้นสุดวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2253

3.7 สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ทดลองในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งสำรวจข้อมูล แปลงปลูกผักของเกษตรกร ในเขตจังหวัดพิษณุโลก ตลาดค่าส่ง ส่วนกลาง (อินโดจีน) ในจังหวัดพิษณุโลก

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

จากผลการทดลอง พบว่า จากวันที่ 0 ถึงวันที่ 3 ทุกทรีตเมนต์ การใช้ 1-MCP ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการชะลอสูญเสียน้ำหนัก และมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักค่อนข้างมาก ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยการใช้ 1-MCP 1 เม็ด และ ¼ เม็ด ภายหลังจากการรม 6 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักมากกว่าทุกทรีตเมนต์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	0.00a[1/]	14.28a	22.79a	29.12a	35.87a	45.84a
1-MCP 1 เม็ด	0.00a	12.34a	20.23a	29.92a	42.66b	46.49a
1-MCP ½ เม็ด	0.00a	13.22a	21.63a	35.51b	36.14a	42.91a
1-MCP ¼ เม็ด	0.00a	14.43a	23.96a	29.53a	42.66b	41.74a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.2 คะแนนสภาพภายนอก

ผักกาดฮ่องเต้มีสภาพภายนอกอยู่ในเกณฑ์ดี ตลอด 3 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง การใช้ 1-MCP ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสภาพภายนอกได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งพบในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดย 1-MCP อัตรา 1 เม็ด ให้คะแนนสภาพภายนอกอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ในขณะที่ทรีตเมนต์อื่น ๆ หมดสภาพตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2) และ ดังภาพที่ 8

ตารางที่ 2 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	คะแนนสภาพภายนอก (1-5)[2/]					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	5.00a[1/]	4.00a	3.80a	3.00a	1.00a	1.00a
1-MCP 1 เม็ด	5.00a	3.80a	3.60a	3.00a	1.60b	1.00a
1-MCP ½ เม็ด	5.00a	3.80a	3.80a	2.60a	1.00a	1.00a
1-MCP ¼ เม็ด	5.00a	4.00a	4.00a	3.00a	1.00a	1.00a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่ 1=หมดสภาพ, 2=พอใช้, 3=ปานกลาง, 4=ดี และ 5=ดีมาก

4.1.3 คะแนนสี

สีใบของผักกาดฮ่องมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองตลอดการเก็บรักษา โดยมีสีเหลืองมากขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา และในวันที่ 4 และวันที่ 5 คะแนนสีของใบผักกาดฮ่องเต้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผักกาดฮ่องเต้ที่รมด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น ½ , ¼ และ1 เม็ด มีคะแนนสีของใบผักกาดฮ่องเต้มากกว่าสีของใบผักกาดฮ่องเต้ที่ไม่รมด้วย 1-MCP ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คะแนนสีของใบของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	คะแนนสี (1-5) [2/]					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	4.00a [1/]	4.00a	3.60b	3.20a	2.40bc	1.00a
1-MCP 1 เม็ด	4.00a	3.80a	3.00a	3.40a	1.60a	1.80b
1-MCP ½ เม็ด	4.00a	3.80a	3.00a	3.00a	2.00ab	2.00b
1-MCP ¼ เม็ด	4.00a	4.00a	3.80b	3.00a	2.80c	1.80b

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนสีใบของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่ 5= ใบมีสีเขียวเข้ม, 4= ใบมีสีเขียว, 3= ใบมีสีเขียวค่อนไปทางเหลืองเล็กน้อย, 2= ใบมีสีเขียว-เหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบ, 1=ใบมีสีเหลืองมากกว่า 20% ของพื้นที่ใบ

4.1.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter

4.1.4.1 ค่าความสว่าง (L^*)

สีใบของผักกาดฮ่องเต้ พบว่ามีค่าความสว่างมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะในช่วงวันที่ 4 และ 5 ของการเก็บรักษา ทรีตเมนต์ที่มีการใช้ 1- MCP พบค่าความสว่างของใบน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่า L^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	ค่า L* [2/]					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	44.8167a [1/]	47.1673a	48.8227a	53.4000a	58.2773ab	66.7440b
1-MCP 1 เม็ด	44.8167a	45.6887ab	47.9953a	52.6327a	55.2393a	62.2567ab
1-MCP ½ เม็ด	44.8167a	44.9627a	48.2840a	55.5350a	61.2320b	60.2500a
1-MCP ¼ เม็ด	44.8167a	46.6307a	48.3840a	55.2200a	58.3725ab	63.4525ab

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] L* = ค่าความสว่าง ถ้า L*มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีคล้ำ หากค่า L*เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมี ความสว่าง

4.1.4.2 ค่า C^*

C^* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ไม่ใช้ 1-MCP มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า C^* มากกว่าผักกาดฮ่องเต้ที่ใช้ 1-MCP อัตรา 1 เม็ด รมนาน 6 ชั่วโมง ตลอดระยะการเก็บรักษา 5 วัน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่า C^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	ค่า C^* [2/]					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	27.1873a[1/]	29.0847ab	30.8913a	34.3533a	34.8227bc	34.1027a
1-MCP 1 เม็ด	27.1873a	28.9000ab	30.4113a	34.6127a	33.2353a	33.4625a
1-MCP ½ เม็ด	27.1873a	28.2027a	30.7533a	34.5425a	36.2567c	34.0820a
1-MCP ¼ เม็ด	27.1873a	29.7740b	31.1040a	34.7927a	34.3558ab	35.1100a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] C^* = ค่าความเข้มของสี หรือ Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุสีซีดจาง หากเข้าใกล้ 60 วัตถุมีสีเข้ม

4.1.4.3 ค่า hue (h^o)

ค่า Hue หรือ ค่าเฉดสี ของใบผักกาดฮ่องเต้ เมื่อเริ่มทดสอบ พบกลุ่มเฉดสีวิ่งไปทางเฉดสีเขียวปนเหลือง และ พบว่ามีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น หมายถึง ปรากฏสีเหลืองมากขึ้น ตามลำดับในวันที่ 1, 4 และ 5 ของการเก็บรักษา ค่า h° ในแต่ละทรีตเมนต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ 1-MCP มีแนวโน้มชะลอการลดลงของค่า h° ได้ดีกว่าทรีตเมนต์ที่ไม่ใช้ 1-MCP เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่า h° ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	ค่า h° [2/]					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	112.6313a[1/]	111.2207a	110.2053a	107.5193a	105.6673ab	101.2133a
1-MCP 1 เม็ด	112.6313a	111.7300ab	109.8773a	107.9353a	107.2813c	104.2408b
1-MCP ½ เม็ด	112.6313a	112.4613b	109.8207a	106.4650a	104.6780a	105.1793b
1-MCP ¼ เม็ด	112.6313a	110.8900a	109.7940a	106.5033a	106.2658bc	104.1117b

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] h° = ค่าเฉดสี Hue angle มีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว

4.1.5 คะแนนการเกิดกลิ่น

โดยรวม คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของการใช้ 1-MCP และ ไม่ใช้ 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ตลอดระยะการเก็บรักษา ซึ่งในแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผักกกาดฮ่องเต้มีกลิ่นผิดปกติเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับการเสื่อมสภาพโดยเฉพาะในวันที่ 4 และ 5 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	คะแนนการเกิดกลิ่น (1-5) [2/]					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	1.00a[1/]	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	2.00a
1-MCP 1 เม็ด	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	2.20a	2.60a
1-MCP ½ เม็ด	1.00a	1.00a	1.20a	1.60a	1.00a	2.00a
1-MCP ¼ เม็ด	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.60a	2.60a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนการเกิดกลิ่นของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดย 5 = มีกลิ่นผิดปกติมากที่สุด (รุนแรง), 4 = มีกลิ่นผิดปกติมาก, 3 = มีกลิ่นผิดปกติปานกลาง, 2 = มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย และ 1 = ไม่พบกลิ่นผิดปกติ

4.1.6 การเน่าเสีย

ผักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิห้อง เริ่มเน่าเสีย ตั้งแต่ วันที่ 3, 4 และ 5 ซึ่ง พบในชุดการทดลองที่มีการใช้ 1-MCP แต่ ชุดที่ไม่ใช้ 1-MCP ไม่พบการเน่าเสีย ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5) ผลรวมที่แสดงไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

Treatment	% การเน่าเสีย
Control	0
1-MCP 1 เม็ด	10
1-MCP ½ เม็ด	5
1-MCP ¼ เม็ด	5

4.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์

4.1.7.1 คลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบผักกาดฮ่องเต้เมื่อเก็บรักษาไว้ตลอด 5 วัน พบว่า มีแนวโน้มลดลงในทุกทรีตเมนต์ ซึ่งผักกาดฮ่องเต้ที่รมด้วย 1-MCP มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่า ผักกาดฮ่องเต้ที่ไม่ใช้ 1-MCP เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ (mg/100g.fw)					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	0.3257a[1/]	0.3615a	0.3507c	0.2408a	0.2515a	0.2033a
1-MCP 1 เม็ด	0.3257a	0.3615a	0.3448bc	0.3118a	0.3176a	0.2572a
1-MCP ½ เม็ด	0.3257a	0.3528a	0.3303a	0.3185a	0.2521a	0.2882b
1-MCP ¼ เม็ด	0.3257a	0.3447a	0.3340ab	0.2793a	0.3074a	0.2180a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.7.2 คลอโรฟิลล์ บี

ปริมาณ คลอโรฟิลล์ บี มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา และในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณ คลอโรฟิลล์ บี ในทรีตเมนต์ ที่ใช้ 1-MCP มีค่าน้อยกว่า ชุดที่ไม่ใช้ 1-MCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากนั้น โดยเฉพาะ ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ปริมาณ คลอโรฟิลล์ บี ในชุด 1-MCP อัตรา 1 เม็ด มีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	ปริมาณของคลอโรฟิลล์ บี (mg/100g.fw)					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	0.3348a[1/]	0.3567a	0.3247b	0.1470a	0.1264a	0.0949a
1-MCP 1 เม็ด	0.3348a	0.3576a	0.2507a	0.2006a	0.2335b	0.1221a
1-MCP ½ เม็ด	0.3348a	0.3476a	0.2499a	0.1850a	0.1174a	0.1365a
1-MCP ¼ เม็ด	0.3348a	0.2927a	0.2599a	0.1547a	0.1759ab	0.0993a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.7.3 คลอโรฟิลล์ รวม

ปริมาณ คลอโรฟิลล์ รวม มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา และในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณ คลอโรฟิลล์ รวมในทรีตเมนต์ ที่ใช้ 1-MCP มีค่าน้อยกว่า ชุดที่ไม่ใช้ 1-MCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากนั้น โดยเฉพาะในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ปริมาณ คลอโรฟิลล์ รวมในชุด 1-MCP อัตรา 1 เม็ด มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ 1-MCP อัตรา ¼ เม็ด เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4, 5)

Treatment	ปริมาณของคลอโรฟิลล์ รวม (mg/100g.fw)					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	2	3	4	5
Control	0.1784a[1/]	0.1854a	0.1619b	0.0470a	0.0262a	0.0150a
1-MCP 1 เม็ด	0.1784a	0.1862a	0.1012a	0.0695a	0.0954b	0.0207a
1-MCP ½ เม็ด	0.1784a	0.1805a	0.1052a	0.0542a	0.0184a	0.0230a
1-MCP ¼ เม็ด	0.1784a	0.1368a	0.1125a	0.0412a	0.0501b	0.0141a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.8 อายุการวางจำหน่าย

อายุการวางจำหน่ายในทุกทรีตเมนต์ ไม่เกิน 4 วัน การใช้ 1-MCP ไม่ได้ช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายในการศึกษานี้ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 แสดงอายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 5 วัน หรือ จนหมดสภาพ

Treatment	อายุการวางจำหน่าย (วัน)[2/]
Control	4.40a[1/]
1-MCP 1 เม็ด	4.00a
1-MCP ½ เม็ด	3.80a
1-MCP ¼ เม็ด	4.60a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] อายุการจำหน่ายใช้เกณฑ์การประเมิน ณ วันที่ใบผักกาดฮ่องเต้มีคะแนนสีของใบน้อยกว่าหรือเท่ากับ2 (สีเขียว-เหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบ) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เป็นเกณฑ์ ซึ่งถือว่า หมดสภาพ

4.2 การทดลองที่ 2

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การใช้ 1-MCP ในทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการชะลอสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ตู้แช่ อย่างไรก็ตาม การสูญเสียน้ำหนัก พบสูงสุดไม่เกินร้อยละ 30.356 ในชุด 1-MCP อัตรา ¼ เม็ด ณ วันที่ 15 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกัน นาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	2.913a[1/]	10.452 a	17.233 a	20.995 a	20.414 a	28.889 a	25.754 a
1-MCP 1 เม็ด	2.913a	8.462 a	9.588 a	15.725 a	16.999 a	26.910 a	23.047 a
1-MCP ½ เม็ด	2.913 a	12.022 a	11.340 a	17.869 a	21.593 a	22.874 a	27.458 a
1-MCP ¼ เม็ด	2.913 a	6.923 a	13.080 a	21.246 a	21.431 a	30.356 a	22.307 a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.2 คะแนนสภาพภายนอก

1-MCP ทุกความเข้มข้น สามารถรักษาสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ได้ดี และนานสูงสุดถึง 15 วัน โดยเฉพาะ 1-MCP อัตรา ½ เม็ด ให้คะแนนสภาพภายนอกสูงสุด รองลงมา คือ 1-MCP อัตรา 1 เม็ด เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ อื่น ๆ (ตารางที่ 14) และ ดังภาพที่ 9

ตารางที่ 14 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	คะแนนสภาพภายนอก (1-5) [2/]						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	5.00a[1/]	4.00a	2.00a	**1.00a**	1.00a	**1.00a**	1.00a
1-MCP 1 เม็ด	5.00a	4.00a	3.00a	**2.50b**	2.00a	**1.75b**	1.00a
1-MCP ½ เม็ด	5.00a	4.00a	3.00a	**2.75b**	3.00a	**2.25b**	1.00a
1-MCP ¼ เม็ด	5.00a	4.00a	3.00a	**2.50b**	2.00a	**1.00a**	1.00a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนสภาพภายนอก (1-5) โดยที่ 1= หมดสภาพ, 2 = พอใช้, 3 = ปานกลาง, 4 = ดี และ 5 = ดีมาก

4.2.3 คะแนนสี

ใบของผักกาดฮ่องเต้มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ซึ่งพบค่าคะแนนลดลงตลอดการเก็บรักษา 1-MCP ในทุกความเข้มข้นมีแนวโน้มชะลอการแปลี่ยนสีใบได้ค่อนดี และเด่นชัดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา โดย 1-MCP อัตรา ½ เม็ด ให้คะแนนสีใบของผักกาดฮ่องเต้ สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติรองลงมา คือ 1 เม็ด และ ¼ เม็ด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบ กับ ชุดที่ไม่ใช้ 1-MCP (ตารงที่ 15)

ตารางที่ 15 คะแนนสีของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	คะแนนสี (1-5) [2/]						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	5.000a	3.000a	2.500a	2.000a	2.000a	**1.000a**	1.000a
1-MCP 1 เม็ด	5.000a	3.000a	3.000a	2.750a	2.500b	**2.000b**	1.000a
1-MCP ½ เม็ด	5.000a	4.000a	3.000a	2.750a	3.000c	**2.250b**	1.000a
1-MCP ¼ เม็ด	5.000a	3.000a	3.000a	2.250a	2.000a	**1.000a**	1.000a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนสีของใบของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่5=ใบมีสีเขียวเข้ม, 4=ใบมีสีเขียว, 3=ใบมีสีเขียวค่อนไปทางเหลืองเล็กน้อย, 2=ใบมีสีเขียว-เหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบ, 1=ใบมีสีเหลืองมากกว่า 20% ของพื้นที่ใบ

4.2.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter

4.2.4.1 ค่า L^*

ค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และ พบว่า control มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* มากกว่า ทรีตเมนต์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ค่า L^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	ค่า L^* [2/]						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	41.570a	**46.467b**	**45.528b**	46.545a	45.543a	**46.466b**	47.081a
1-MCP 1 เม็ด	41.570a	**43.449a**	**45.594b**	44.811a	46.097a	**48.155b**	47.695a
1-MCP ½ เม็ด	41.570a	**42.845a**	**43.763b**	45.395a	46.271a	**44.434a**	46.543a
1-MCP ¼ เม็ด	41.570a	**43.696a**	**42.573a**	45.210a	47.175a	**47.965b**	46.948a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ค่า L* = คือ ค่าความสว่าง ถ้า L*มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีคล้ำ หากค่าL*เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมี ความสว่าง

ว SB 128 ม1895 2555
1.5938855
สำนักหอสมุด 19 ก.ค. 2555

4.2.4.2 ค่า Chroma (C^*)

ค่า C^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น นอกจากนี้ 1-MCP ในทุกความเข้มข้นสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลง ค่า C^* ได้ค่อนข้างดี โดยเฉพาะ ในชุด 1-MCP ½ เม็ด ของวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ใช้ 1-MCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ค่า C^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	ค่า C^{*} [2/]						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	22.94a[1/]	26.10b	26.26b	25.80a	24.92a	25.48a	26.40a
1-MCP 1 เม็ด	22.94a	23.83a	25.85b	24.48a	26.57a	25.28a	25.69a
1-MCP ½ เม็ด	22.94a	23.49a	23.85a	26.09a	26.35a	24.47a	24.77a
1-MCP ¼ เม็ด	22.94a	24.26a	23.29a	25.58a	25.99a	25.92a	26.54a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ค่า C *= ความเข้มของสี หรือ Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุสีซีดจางหากเข้าใกล้ 60 วัตถุมีสีเข้ม

4.2.4.3 ค่า Hue (h°)

ค่า h° มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ณ อุณหภูมิ ตู้แช่ และ พบว่า 1-MCP ทุกความเข้มข้น สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลง ค่า h° ได้ค่อนข้างดี โดยเฉพาะในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ค่า h° ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	ค่า h° [2/]						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	114.28a[1/]	111.89a	112.35a	111.99a	112.19a	111.59a	111.60a
1-MCP 1 เม็ด	114.28a	113.62b	112.27a	112.62a	111.51a	111.48a	111.52a
1-MCP ½ เม็ด	114.28a	114.29b	113.69b	111.78a	111.49a	112.69b	111.96a
1-MCP ¼ เม็ด	114.28a	113.70b	113.99b	112.34a	111.46a	111.09a	111.25a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] h° = ค่าเฉดสี Hue angle มีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว

4.2.5 การเน่าเสีย

ไม่พบการเน่าเสียตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 แสดงการเน่าเสียของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	% การเน่าเสีย						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	0.00a[1/]	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
1-MCP 1 เม็ด	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
1-MCP ½ เม็ด	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
1-MCP ¼ เม็ด	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.6 คะแนนการเกิดกลิ่น

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับคะแนนการเกิดกลิ่น ในทุกทรีตเมนต์ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกัน นาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	คะแนนการเกิดกลิ่น (1-5) [2/]						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	1.000a[1/]	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a
1-MCP 1 เม็ด	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a
1-MCP ½ เม็ด	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a
1-MCP ¼ เม็ด	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a	1.000a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนการเกิดกลิ่นของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่5=มีกลิ่นผิดปกติมาก-รุนแรง, 4=มีกลิ่นผิดปกติ, 3=มีกลิ่นผิดปกติปานกลาง, 2=มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย และ 1=ไม่พบกลิ่นผิดปกติ

4.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์

4.2.7.1 คลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักกาดฮ่องเต้ มีค่าลดลงเล็กน้อย ตลอดการเก็บรักษา และ พบว่า กสน ใช้ 1-MCP ชะลอการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้ในระดับหนึ่ง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (mg/100g.fw)						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	0.395a[1/]	0.361a	0.358a	0.359a	0.364a	0.335a	**0.312a**
1-MCP 1 เม็ด	0.395a	0.389a	0.366a	0.368a	0.364a	0.355a	**0.350b**
1-MCP ½ เม็ด	0.395a	0.375a	0.361a	0.362a	0.367a	0.363a	**0.345b**
1-MCP ¼ เม็ด	0.395a	0.383a	0.358a	0.361a	0.364a	0.333a	**0.330ab**

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.7.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในทุกทรีตเมนต์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (mg/100g.fw)						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	0.462a[1/]	0.436a	0.461a	0.459a	0.360a	0.404a	0.443a
1-MCP 1 เม็ด	0.462a	0.404a	0.396a	0.435a	0.358a	0.438a	0.429a
1-MCP ½ เม็ด	0.462a	0.524a	0.436a	0.380a	0.390a	0.422a	0.417a
1-MCP ¼ เม็ด	0.462a	0.461a	0.464a	0.437a	0.412a	0.472a	0.391a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.7.3 คลอโรฟิลล์ รวม

ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ของใบผักกาดฮ่องเต้ มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย ตลอดการทดลอง และ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกทรีตเมนต์ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม (mg/100g.fw)						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
Control	0.263a[1/]	0.252a	0.274a	0.272a	0.187a	0.234a	0.274a
1-MCP 1 เม็ด	0.263a	0.216a	0.217a	0.249a	0.185a	0.256a	0.250a
1-MCP ½ เม็ด	0.263a	0.322a	0.252a	0.205a	0.212a	0.240a	0.241a
1-MCP ¼ เม็ด	0.263a	0.266a	0.277a	0.253a	0.231a	0.291a	0.225a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.8 อายุการเก็บรักษา

การใช้ 1-MCP สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ ณ อุณหภูมิ ตู้แช่ โดย 1-MCP ½ เม็ด และ 1 เม็ด สามารถเก็บรักษาได้นานเป็นระยะเวลา 14.25 วัน รองลงมา คือ 13.50 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ control ที่เก็บรักษาได้เพียง 7.5 วัน ณ อุณหภูมิ ตู้แช่ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 แสดงอายุการเก็บรักษาของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาไว้ ที่ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 18 วัน (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18)

Treatment	อายุการเก็บรักษา (วัน)
Control	7.50 a
1-MCP 1 เม็ด	13.50 bc
1-MCP ½ เม็ด	14.25 c
1-MCP ¼ เม็ด	9.75 ab

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] อายุการเก็บรักษาใช้เกณฑ์การประเมิน ณ วันที่ใบผักกาดฮ่องเต้มีคะแนนสีของใบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 (สีเขียว-เหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบ) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เป็นเกณฑ์ ถือว่า หมดสภาพ

4.3 การทดลองที่ 3

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก

1-MCP มีแนวโน้มช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อใช้ร่วมกับ ethephon ซึ่งเด่นชัดเพียงช่วงแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นไม่พบความแตกต่าง (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	0.00a[1/]	12.53ab	25.79a	26.14a	46.64a
1-MCP 1 เม็ด	0.00a	10.38a	32.94a	41.76a	41.19a
1-MCP ½ เม็ด	0.00a	14.01bc	32.37a	34.27a	41.12a
Control + ethephon	0.00a	17.19d	18.62a	29.09a	39.28a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	0.00a	15.19cd	20.57a	25.35a	41.55a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	0.00a	14.94bcd	17.25a	29.31a	36.48a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.2 คะแนนสภาพภายนอก

การใช้ 1-MCP และ การใช้ 1-MCP + ethephon ทุกระดับให้คะแนนสภาพภายนอกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ทรีตเมนต์ที่มีการใช้ 1-MCP รักษาสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ไว้ค่อนข้างดี เมื่อเทียบกับ control (ตารางที่ 26) และ ดังภาพที่ 10

ตารางที่ 26 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	คะแนนสภาพภายนอก (1-5) [2/]				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	5.00a[1/]	4.00a	2.60b	1.00a	1.00a
1-MCP 1 เม็ด	5.00a	4.00a	3.00b	1.20a	1.00a
1-MCP ½ เม็ด	5.00a	4.00a	3.00b	1.00a	1.00a
Control + ethephon	5.00a	4.00a	2.00a	1.00a	1.00a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	5.00a	4.00a	3.00b	1.00a	1.00a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	5.00a	4.00a	3.00b	1.00a	1.00a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่ 1 = หมดสภาพ, 2= พอใช้, 3= ปานกลาง, 4= ดี, 5= ดีมาก

4.3.3 คะแนนสีของใบผักกวางตุ้งฮ่องเต้

สีใบของผักกาดฮ่องเต้มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 2-4 วันของการเก็บรักษา ซึ่งเด่นชัดในวันที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า 1-MCP สามารถชะลอการเหลืองของใบได้ดี และค่อนข้างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการฉีดพ่นด้วย ethephon ตรงกันข้ามกับการฉีดพ่นด้วย ethephon อย่างเดียว สีใบเหลืองอย่างรวดเร็วและให้ค่าต่ำสุด (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 คะแนนสีของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83±0.02°C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	คะแนนสี (1-5) [2/]				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	4.00a [1/]	3.20a	3.00b	3.00c	1.40ab
1-MCP 1 เม็ด	4.00a	4.00a	3.40bc	3.00c	2.00c
1-MCP ½ เม็ด	4.00a	3.80a	3.60c	3.00c	1.60bc
Control + ethephon	4.00a	3.80a	2.00a	1.00a	1.00a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	4.00a	3.80a	3.80c	1.60b	1.00a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	4.00a	3.80a	3.80c	1.80b	1.80bc

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนสีของใบของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่ 5=ใบมีสีเขียวเข้ม, 4=ใบมีสีเขียว, 3=ใบมีสีเขียวค่อนไปทางเหลืองเล็กน้อย, 2=ใบมีสีเขียว-เหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบ, 1=ใบมีสีเหลืองมากกว่า 20% ของพื้นที่ใบ

4.3.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter

4.3.4.1 ค่าความสว่าง (L^*)

ค่า L^* ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกันทางสถิติ ตลอดการเก็บรักษา (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 ค่า L^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ ฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02°C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	ค่า L* [2/]				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	42.6173a [1/]	38.0433a	47.1913a	46.9833a	57.9793a
1-MCP 1 เม็ด	42.6173a	39.4293a	47.0033a	48.9280a	55.3667a
1-MCP ½ เม็ด	42.6173a	38.6973a	48.2193a	47.7040a	55.0553a
Control + ethephon	42.6173a	37.8220a	48.5053a	48.6253a	58.6007a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	42.6173a	37.9933a	46.1960a	46.2753a	56.7907a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	42.6173a	38.3507a	47.4113a	48.1727a	56.6180a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ค่า L* = ค่าความสว่าง ถ้า L*มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีคล้ำ หากค่าL*เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมี ความสว่าง

4.3.4.2 ค่า C^*

ค่า C^* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทรีตเมนต์ที่มีการฉีดพ่นด้วย ethephon อย่างเดียว มีแนวโน้ม ให้ค่า C^* เพิ่มสูงสุด ซึ่งเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา และการใช้ 1-MCP พบว่าชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า C^* (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ค่า C^* ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	ค่า C* [2/]				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	25.6947a [1/]	27.0167a	27.8860ab	46.6233a	**31.1967a**
1-MCP 1 เม็ด	25.6947a	27.2213a	28.2587ab	47.1707a	**33.2473bc**
1-MCP ½ เม็ด	25.6947a	26.3267a	28.9087bc	48.7153a	**32.1213ab**
Control + ethephon	25.6947a	25.7973a	29.9633c	48.1253a	**33.6907c**
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	25.6947a	25.4640a	26.9853a	50.0933a	**31.6620a**
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	25.6947a	26.1800a	27.5140ab	47.9093a	**33.4740bc**

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ค่า C* = ความเข้มของสี หรือ Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุสีชืดจางหากเข้าใกล้ 60 วัตถุมีสีเข้ม

4.3.4.3 ค่า Hue (h°)

ค่า Hue มีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาไว้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา พบค่าลดลงต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในชุดที่มีการฉีดพ่นด้วย ethephon (ทรีตเมนต์ Control + ethephon) และมีค่าค่อนข้างสูงในทุกชุดที่มีการใช้ 1-MCP (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ค่า h° ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	ค่า h° [2/]				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	113.9280a [1/]	114.0493a	**111.7173bc**	**106.1847b**	107.3007a
1-MCP 1 เม็ด	113.9280a	113.6960a	**111.7047bc**	**105.8833b**	108.3680a
1-MCP ½ เม็ด	113.9280a	114.0320a	**110.9733ab**	**105.7927b**	108.9493a
Control + ethephon	113.9280a	114.5600a	**110.3340a**	**104.0633a**	104.9993a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	113.9280a	114.2187a	**112.6160c**	**105.4880b**	107.1627a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	113.9280a	114.3213a	**111.9240bc**	**105.7847b**	107.7213a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ค่า h° = ค่าเฉดสี Hue angle มีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว

4.3.5 การเน่าเสีย

ไม่พบการเน่าสียตลอดการเก็บรักษา (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

4.3.6 คะแนนการเกิดกลิ่น

เมื่อประเมินกลิ่นของผักกาดฮ่องเต้ พบว่า ตลอดระยะการเก็บรักษา 4 วัน ในแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ไม่พบการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติ ในทุกทรีตเมนต์ (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	คะแนนการเกิดกลิ่น (1-5) [2/]				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	1.00a[1/]	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
1-MCP 1 เม็ด	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
1-MCP ½ เม็ด	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
Control + ethephon	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] คะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติของผักกาดฮ่องเต้ (1-5) โดยที่ 5= มีกลิ่นผิดปกติมาก-รุนแรง, 4=มีกลิ่นผิดปกติ, 3=มีกลิ่นผิดปกติปานกลาง, 2=มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย และ 1=ไม่พบกลิ่นผิดปกติ

4.3.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์

4.3.7.1 คลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบผักกาดฮ่องเต้ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 วัน พบว่า มีแนวโน้มลดลงในทุกทรีตเมนต์ ซึ่งผักกาดฮ่องเต้ที่รม 1-MCP + ethephon มีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าทรีตเมนต์ อื่น ๆ และทรีตเมนต์ Control + ethephon มีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงมากกว่าทุกทรีตเมนต์ ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 32 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (mg/100g.fw)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	0.3057a[1/]	0.3365a	0.3496a	0.2949a	0.3157a
1-MCP 1 เม็ด	0.3057a	0.3389a	0.3326a	0.2449a	0.3029a
1-MCP ½ เม็ด	0.3057a	0.3605a	0.3182a	0.3080a	0.3233a
Control + ethephon	0.3057a	0.3252a	0.3295a	0.1860a	0.2874a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	0.3057a	0.3326a	0.3460a	0.2731a	0.2528a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	0.3057a	0.3653a	0.3225a	0.2672a	0.3008a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.7.2 คลอโรฟิลล์ บี

คลอโรฟิลล์ บี ในทุกทรีตเมนต์ มีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา และ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในทุกทรีตเมนต์ ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 33 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (mg/100g.fw)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	0.4175a[1/]	0.2800a	0.2927a	0.2743a	0.2255a
1-MCP 1 เม็ด	0.4175a	0.2555a	0.2674a	0.1700a	0.2100a
1-MCP ½ เม็ด	0.4175a	0.3649a	0.2622a	0.1871a	0.2226a
Control + ethephon	0.4175a	0.3017a	0.2528a	0.1506a	0.1973a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	0.4175a	0.2841a	0.3229a	0.1780a	0.1811a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	0.4175a	0.3658a	0.2334a	0.1706a	0.1906a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.7.3 คลอโรฟิลล์ รวม

ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ของใบผักกาดฮ่องเต้ มีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา

1-MCP ไม่มีผลช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ทั้งในชุดการทดลองที่ฉีดพ่น และ ไม่ใช้ ethephon (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม ของใบผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02°C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 4 วัน (day 0, 1, 2, 3, 4,)

Treatment	ปริมาณคลอโรฟิลล์ รวม (mg/100g.fw)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	2	3	4
Control	0.2547a[1/]	0.1287ab	0.1352a	0.1372a	0.0893a
1-MCP 1 เม็ด	0.2547a	0.1072a	0.1193a	0.0651a	0.0803a
1-MCP ½ เม็ด	0.2547a	0.1927ab	0.1195a	0.0593a	0.0845a
Control + ethephon	0.2547a	0.1506ab	0.1079a	0.0676a	0.0746a
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	0.2547a	0.1333ab	0.1619a	0.0629a	0.0720a
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	0.2547a	0.1919b	0.0938a	0.0585a	0.0646a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.8 อายุการวางจำหน่าย

1-MCP ไม่ได้ช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายผักกาดฮ่องเต้ เมื่อเก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิห้อง โดยรวมการใช้และไม่ใช้ 1-MCP ให้อายุการวางจำหน่าย เท่ากับ 4 วัน

แต่จะพบว่า 1-MCP ทั้ง 1 และ ½ เม็ด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการชะลอการเสื่อมสภาพได้ดี เมื่อมีการฉีดพ่นด้วย ethephon ซึ่งสามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้ประมาณ 3 วัน ในขณะที่การให้ ethephon อย่างเดียว กระตุ้นการเสื่อมสภาพ ส่งผลให้มีอายุการวางจำหน่าย เพียง 2 วัน (ตารางที่ 35)

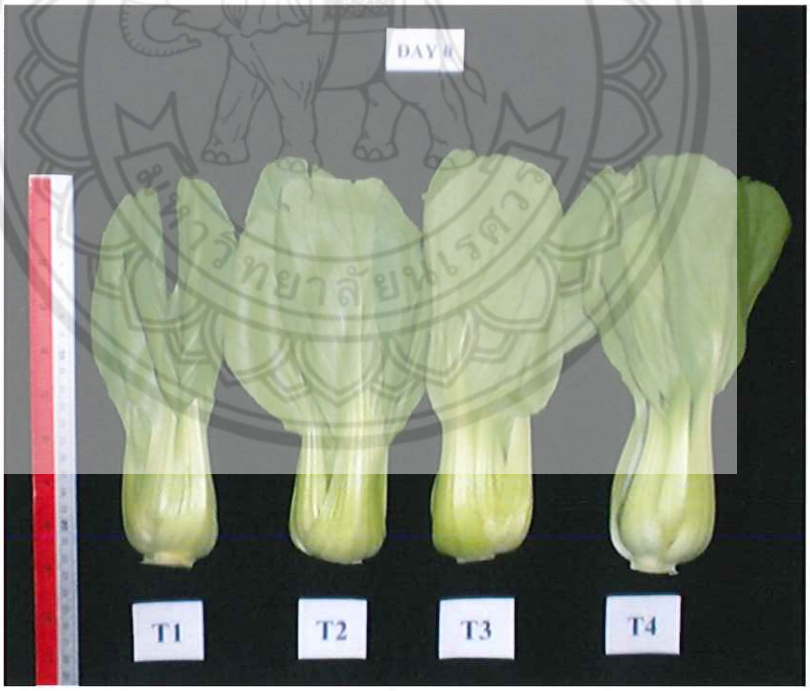
ตารางที่ 35 แสดงอายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรม 1-MCP ในระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และฉีดพ่นด้วย ethephon ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02°C, 49.32 ±0.14%RH) เป็นเวลา 4 วัน หรือ จนหมดสภาพ

Treatment	อายุการวางจำหน่าย (วัน)
Control	4.00 a
1-MCP 1 เม็ด	4.00 a
1-MCP ½ เม็ด	4.00 a
Control + ethephon	2.00 c
1-MCP 1 เม็ด + ethephon	3.00 b
1-MCP ½ เม็ด + ethephon	3.00 b

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] อายุการจำหน่ายใช้เกณฑ์การประเมิน ณ วันที่ใบผักกาดฮ่องเต้มีคะแนนสีของใบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 (สีเขียว-เหลืองมากกว่า 5% ของพื้นที่ใบ) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นเกณฑ์ ถือว่า หมดสภาพ

ภาพที่ 1 ผักกาดฮ่องเต้ก่อนการทดสอบด้วย 1-MCP



ภาพที่ 2 ผักกาดฮ่องเต้หลังรม 1-MCP ก่อนเก็บรักษา

ภาพที่ 3 สภาพการเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ ณ อุณหภูมิห้อง

ภาพที่ 4 แสดงการรมผักกาดฮ่องเต้ด้วย 1-MCP ในภาชนะบรรจุ ณ อุณหภูมิห้อง

ภาพที่ 5 แสดงการวัดสีของผักกาดฮ่องเต้ โดยเครื่อง Colorimeter

ภาพที่ 6 คะแนนสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ โดยให้คะแนน จาก (1-5) **โดย**

5= มีสภาพดีมาก (สด ไม่มีรอยช้ำของใบและก้านใบ),

4= มีสภาพดี (เหี่ยวเล็กน้อย แต่ไม่มีรอยช้ำของใบและก้านใบ),

3= มีสภาพปานกลาง (มีรอยช้ำของใบและก้านใบเล็กน้อย),

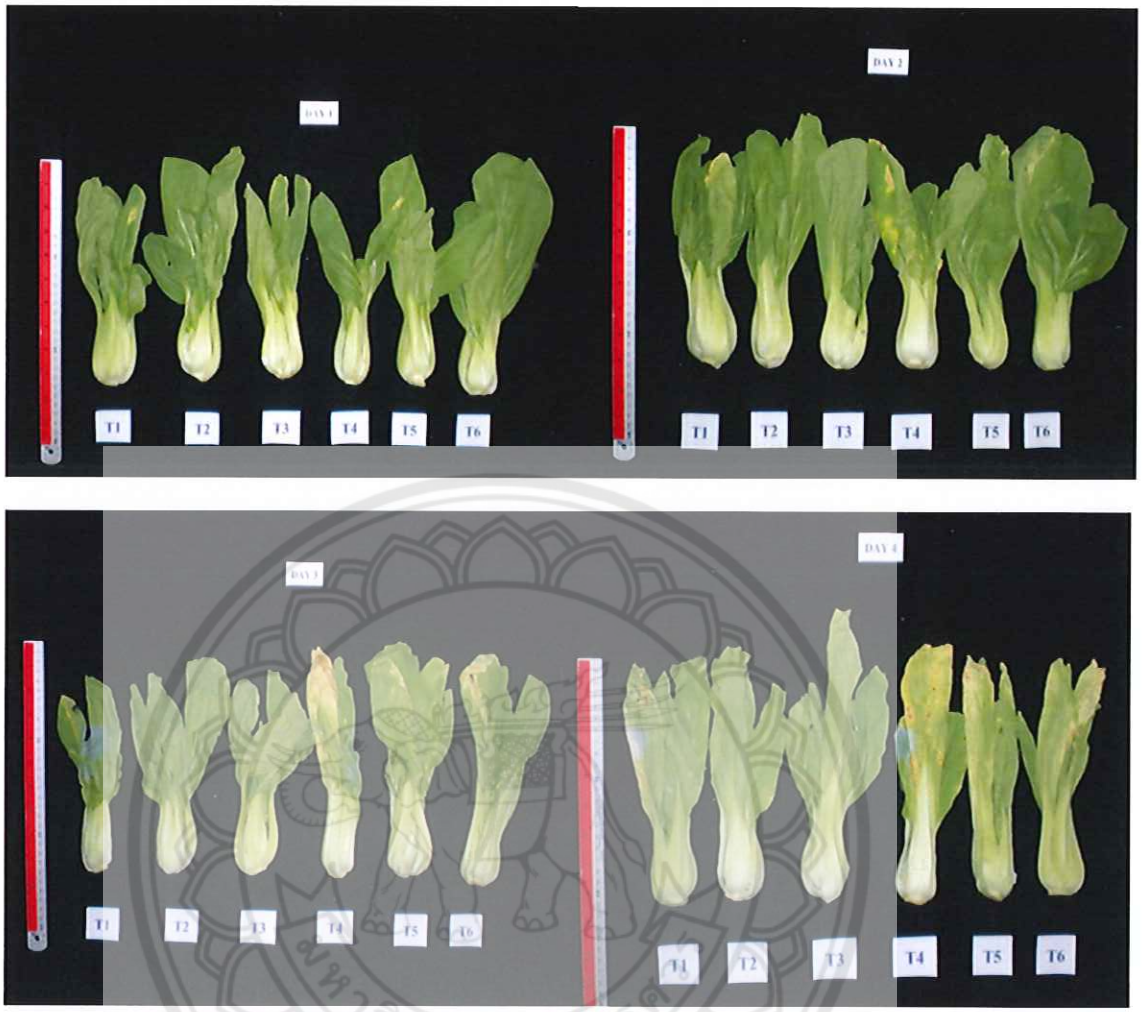
2= มีสภาพดีเล็กน้อย (มีรอยช้ำของใบและก้านใบมากกว่า20%) และ

1= มีสภาพเลวร้าย (มีรอยช้ำของใบและก้านใบมากกว่า 50%)

ภาพที่ 7 แสดงการวัดหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ด้วยเครื่องวัดการดูดก**ลืนแสง**

ภาพที่ 8 แสดงสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP ในระดับความเข้มข้น 0 เม็ด; T1, 1 เม็ด; T2, ½ เม็ด; T3 และ ¼ เม็ด; T4 นาน 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) เป็นเวลา 1 (Day 1), 2, 3, 4, 5 วัน ตามลำดับ (การทดลองที่ 1)

ภาพที่ 9 แสดงสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP ในระดับความเข้มข้น 0 เม็ด; T1, 1 เม็ด; T2, ½ เม็ด; T3 และ ¼ เม็ด; T4 นาน 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ ตู้แช่ (3.64±0.04 ^{0}C, 75.95±0.19 %RH) เป็นเวลา 3 (Day 3), 6, 9, 12, 15, 18 วัน ตามลำดับ (การทดลองที่ 2)



ภาพที่ 10 แสดงสภาพภายนอกของผักกาดฮ่องเต้ ภายหลังจากการรมด้วย 1-MCP และฉีดพ่นด้วย ethephon 1000 ppm ก่อนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ ห้อง (27.83 ±0.02 ^{0}C, 49.32 ±0.14 %RH) เป็นเวลา 1(Day 1), 2, 3 และ 4 วัน ตามลำดับ (การทดลองที่ 3)

T1 = ชุดควบคุม (ไม่ใช้ 1-MCP)
T2 = 1-MCP 1 เม็ด
T3 = 1-MCP ½ เม็ด
T4 = ชุดควบคุม + Ethephon
T5 = 1-MCP 1 เม็ด + Ethephon
T6 = 1-MCP ½ เม็ด + Ethephon

บทที่ 5

วิจารณ์

ผักสดในกลุ่มของผักกินใบและต้น ได้แก่ โหระพา (Sweet basil) คะน้า (Chinese kale) ผักชีฝรั่ง (Foietid eryngium) คื่นช่าย (Celery) ผักชี (Chinese coriander) และโดยเฉพาะผักกาดฮ่องเต้ (Pak chai) ทั้งหมด มีอายุการวางจำหน่าย 3-4 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (27-28^{o}C)

การเสื่อมสภาพที่พบ คือ การเหลืองของใบ สอดคล้องกับการลดลงของค่า h^{o} และการลดลงปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการวางจำหน่ายโดยรวม และสอดคล้องกับการศึกษาของ Able et al (2002) นอกจากนี้ ผักมักเหี่ยวเฉาได้ง่ายจากปัจจัยของโครงสร้าง และอัตราการคายน้ำโดยปกติพืชใช้ปากใบในการคายน้ำเพื่อระบายความร้อน ผลิตผลที่รับประทานใบจึงมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักได้มาก และถูกกระตุ้นได้ด้วยอุณหภูมิ (จริงแท้, 2544) ในการศึกษานี้ ณ อุณหภูมิตู้แช่ (3.64±0.04^{0}C, 75.95±0.19 %RH) สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ได้ดีกว่าการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03^{0}C, 38.35±69.55 %RH) อย่างเห็นได้ชัด อากาศเย็นช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ช่วยรักษาความสด ได้ตลอดการเก็บรักษา ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษา 7.5 วัน อย่างไรก็ตาม การใช้ 1-MCP ไม่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ ในการศึกษานี้ สอดคล้องกับรายงาน Porat et al (1999) ซึ่งพบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยมากในผลส้ม ที่ทดสอบด้วย 1-MCP แต่ในทางตรงกันข้าม Hassan and Mahfouz (2010) กลับพบว่า ใบโหระพา (sweet basil leaf) ที่ผ่านการทดสอบด้วย 1-MCP (อัตรา 0.2-0.6 g m^{-3}) นาน 8 ชั่วโมง ในที่มืด สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความสด และส่งผลให้ใบโหระพามีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 20^{0}C แสดงให้เห็นว่า ชนิดของผลิตผล มีผลต่อการตอบสนองต่อ 1-MCP แตกต่างกัน เป็นต้น

การใช้ 1-MCP ในแต่ละความเข้มข้น ในการศึกษานี้ ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการยืดอายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้ เมื่อเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาใน mint leaves (Kenigsbuch et al., 2007), water cress leaves (Bron et al., 2005), pak choy leaves (Able et al., 2002) และ chinese cabbage (ผักกาดขาวปลี) (Klieber, 2001) ซึ่งพบว่า 1-MCP มีประสิทธิภาพน้อยมากต่อการยืดอายุการเก็บรักษา ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การศึกษาก่อนหน้านี้ ได้รายงานประสิทธิภาพของ 1-MCP ในการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลากหลายชนิด ดังเช่น Able et al (1999, 2002) พบว่า การใช้ 1-MCP อัตรา 12 ppm กับผักกวางตุ้ง สามารถชะลอการเกิดสีเหลืองที่ใบได้ แต่พบประสิทธิภาพสูงสุดเพียง 10-20%

แต่ประสิทธิภาพของ 1-MCP จะเด่นชัดมากขึ้น เมื่อในสภาพของการเก็บรักษามีเอทิลีนปนเปื้อนในบรรยากาศ (ฮอร์โมนพืชมีอิทธิพลในการกระตุ้นการเสื่อมสภาพ) ดัง ปรากฏในการศึกษานี้ที่ใช้ ethephon ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน จึง พบว่า อายุการวางจำหน่ายของผักกาดฮ่องเต้นานขึ้นกว่าปกติ สอดคล้องกับการชะลอการเหลืองของใบ การรักษาความสด แสดงให้เห็นว่า 1-MCP มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนจริง โดย 1-MCP จะเข้าแย่งจับกับ receptor ของเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถเข้าจับกับ receptor ได้ นั่นเอง (Blankenship et al., 2003) ดังปรากฏในการทดลองของ O'Hare and Wong (2002) รายงานว่า เมื่อให้เอทิลีนในอัตรา 1 ppm กับ ผักกาดกวางตุ้ง พบว่า ใบผักเกิดอาการเหลืองอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อให้ 1-MCP อัตรา 12 ppm ก่อนการให้เอทิลีน กลับพบว่า 1-MCP สามารถยับยั้งหรือชะลอการเหลืองของใบ และยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดกวางตุ้งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยัง

พบว่า การให้ 1-MCP ในอัตรา 12 ppm ที่อุณหภูมิประมาณ 20 °C ส่งเสริมประสิทธิภาพของ 1-MCP กว่าการใช้ในที่อุณหภูมิต่ำ (2, 10 และ 15°C) ในการทดสอบกับผักกาดฮ่องเต้ สามารถยืดอายุการเก็บรักษานานขึ้น ที่อุณหภูมิ 10 °C สอดคล้องกับรายงานของ Jiang et al. (2002) พบว่า การทดสอบผักชีด้วยเอทธิลีน 10 ppm ร่วมกับการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 100 ppb สามารถช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และในกรณีเดียวกันกับการทดสอบในบล็อคเคอรี่ (Costa et al., 2006) เป็นต้น

อายุทางสรีรวิทยาของใบผักกาดฮ่องเต้ พบว่า มีการตอบสนองต่อ 1-MCP แตกต่างกัน โดย ใบอ่อน ใบด้านใน (younger and inner leaves) สามารถตอบสนองและมีอายุการเก็บรักษาดีกว่าใบแก่ ใบด้านนอก (older and outer leaves) ของผักกาดฮ่องเต้ เมื่อทดสอบกับ 1-MCP และในกรณีเดียวกันกับการตอบสนองของ rocket leaves โดย Koukounaras et al (1999) พบว่า ปัจจัยของอายุทางสรีรวิทยาของใบพืช รวมทั้งอุณหภูมิที่เก็บรักษา มีผลต่อความสำเร็จของการใช้ 1-MCP อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ไม่ได้มีการแยกอายุทางสรีรวิทยาของใบ

การใช้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 7,200 ppb (1 เม็ด) นาน 6 ชั่วโมง ให้อายุการเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้นานที่สุด ประมาณ 4 วัน ณ อุณหภูมิห้อง ถึงแม้จะไม่แตกต่างจากที่ไม่ใช้ 1-MCP (ชุดควบคุม) แต่เมื่อปรากฏปริมาณเอทิธีนในบรรยากาศ ประสิทธิภาพของ 1-MCP กลับชัดเจนขึ้น และ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 3,600 ppb (½ เม็ด) นาน 6 ชั่วโมง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ได้ดีที่สุด นาน 14 วัน ณ อุณหภูมิตู้แช่ สอดคล้องกับการศึกษาในบล็อกโคลี ดุสิต (2546) พบว่า การใช้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 1, 12 และ 24 ไมโครลิตรต่อลิตร นาน 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 °C สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายบล็อกโคลีได้นานถึง 8 วัน ที่อุณหภูมิ 10 °C

อย่างไรก็ตาม Able et al (1999, 2002) พบว่า การใช้ 1-MCP ซ้ำ กลับไม่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพ และไม่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาในผักกาดฮ่องเต้ ดังนั้น จากการศึกษาดังกล่าว Able et al (2002) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความสำเร็จของการใช้ 1-MCP ว่า ควรใช้สารนี้ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว และ 1-MCP น่าจะมีประโยชน์ต่อการจัดการผักกาดฮ่องเต้ ในระหว่างการรอการเก็บรักษา และรอการขนส่ง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่อาจมีเอทธิลีนปนเปื้อนในบรรยากาศ เป็นต้น

บทที่ 6

สรุป

การเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ สามารถประเมินได้จากการเหลืองของใบ และสภาพความสด โดยมีอายุการวางจำหน่ายไม่เกิน 4 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (~28°C) และประมาณ 7.5 วัน ณ อุณหภูมิ ตู้แช่ (~3.6°C)

การใช้ 1-MCP ทุกความเข้มข้น ตั้งแต่ อัตรา ¼ (1,800 ppb), ½ (3,600 ppb) และ 1 (7,200 ppb) เม็ด นาน 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 27°C (86.77%RH; ในภาชนะบรรจุ) และเก็บรักษาผลิตผลไว้ ณ อุณหภูมิห้อง (28.14±0.03°C, 38.35±69.55 %RH) ไม่สามารถช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายผักกาดฮ่องเต้ ขณะเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้องได้ในการศึกษานี้ นอกจากนี้ 1-MCP ไม่ได้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก แต่ กลับเพิ่มการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติ และพบการเน่าเสียสูงกว่าที่ไม่ใช้ 1-MCP

ถึงแม้ อายุการวางจำหน่ายโดยรวม ไม่เกิน 4 วัน แต่ 1-MCP อัตรา 1 เม็ด (7,200 ppb) นาน 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ได้ในระดับหนึ่ง แต่พบเพียงการรักษาความสดหรือสภาพภายนอก และรักษาความเขียวของใบได้เพียงช่วงแรกของการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง เท่านั้น โดยสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี และปริมาณคลอโรฟิลล์

การใช้ 1-MCP อัตรา ½ เม็ด (3,600 ppb) รมนาน 6 ชั่วโมง สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ได้ดีที่สุดในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ ตู้แช่ (3.64±0.04°C, 75.95±0.19 %RH) ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น ถึง 14.25 วัน โดยสามารถรักษาสภาพภายนอก คงความสด และสีใบของผักกาดฮ่องเต้ได้นาน ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า L* a* b* C* และ h° เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้ 1-MCP อย่างไรก็ตาม 1-MCP ไม่ได้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผักกาดฮ่องเต้ หรือชะลอการสูญเสียของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ คลอโรฟิลล์ รวม ขณะเก็บรักษา ณ อุณหภูมิตู้แช่ รวมทั้งไม่พบการเน่าเสีย หรือ การเกิดกลิ่นที่ผิดปกติ ตลอดการทดลอง

การฉีดพ่น Ethephon 1000 ppm มีผลกระตุ้นการเสื่อมสภาพของผักกาดฮ่องเต้ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก สีใบเปลี่ยน และสูญเสียสภาพภายนอกเร็วกว่าปกติ ทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลงเหลือเพียง 2 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (27.83 ±0.02°C, 49.32 ±0.14 %RH) ประสิทธิภาพของ 1-MCP เด่นชัดเมื่อมีการทดสอบร่วมกับ ethephon โดย 1-MCP ในทุกความเข้มข้น (1/2 และ 1 เม็ด; 3,600 - 7,200 ppb ตามลำดับ) สามารถบดบังอิทธิพลของ ethephon ได้ดี ตลอดการทดลอง ทำให้อายุการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้น เป็น 3 วัน ในขณะที่ใช้ 1-MCP อย่างเดียว อายุการวางจำหน่าย เฉลี่ย 4 วัน ณ อุณหภูมิห้อง

ดังนั้น การใช้ 1-MCP หลังการเก็บเกี่ยวผักสด น่าจะมีประโยชน์ เพื่อกำจัดอิทธิพลของเอทธิลีนที่อาจปนเปื้อนมาจากผลิตผลอื่นๆ ในโรงเก็บ หรือ ในสภาพบรรยากาศใกล้เคียง ระหว่างรอการจำหน่าย ขนส่ง หรือ ช่วงระหว่างการเก็บรักษา

บรรณานุกรม

กมล เลิศรัตน์ อรสา ดิสถาพร สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร และ วีระ ภาคอุทัย. 2544. ผักในประเทศไทย สถานภาพของการผลิต การตลาดและการวิจัย. สำนักงานกองทุนสันบสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพ ฯ. 190 หน้า

กมล เลิศรัตน์ จริงแท้ ศิริพานิช จริยา วิสิทธิ์พานิช ดนัย บุณยเกียรติ และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2551. การศึกษาเปรียบเทียบสภานภาพ ด้านการผลิต การแปรรูป การค้า การวิจัย และพัฒนาผัก และผลไม้ของไทยกับต่างประเทศ. นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่. 212 หน้า.

กรมยุทธศึกษาทหารบก. 2554. ผักกาดฮ่องเต้หรือกวางตุ้งฮ่องเต้. เอกสารส่งเสริมวิชาชีพ. 34 (4): 35-36.

จริงแท้ ศิริพาณิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, กรุงเทพ ฯ. 396 หน้า.

แสงแดด. 2548. ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน. แสงแดด, กรุงเทพ

วิลเลียม บอร์น (บรรณาธิการ). 2533. คู่มือส่งเสริมการปลูกพืชผักบนที่สูงในประเทศไทย. โครงการหลวง, เชียงใหม่. 349 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุญยเกียรติ. 2537. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนโตร์, กรุงเทพฯ. 176 หน้า.

ดุสิต ประดับศรี. 2546. ผลของการใช้ 1-MCP ต่อการสังเคราะห์เอทธิลีนและคุณภาพของบร็อคโคลี พันธุ์ท็อปกรีน (*Brassica oleraceae* cv. Top greens) ระหว่างการวางจำหน่าย . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 60 หน้า

โครงการวิจัยและพัฒนาอาหารไทยเพื่อสุขภาพสำหรับส่งออก. 2007. สำนักงานเทคโนโลยี (SMEs) จากการสืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2552 จาก http://www.uto.kmutt.ac.th

ข่าวเกษตร, พืชผัก, ผักสวนครัว, ฐานข้อมูลผัก. 2007. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2552 จาก http://www.vegetweb.com

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.

Able, A. J., O'Hare, T. J., Wong, L. S. and Prasad, A. 1999. Extending the shelf life of broccoli florets and pak choy leaves. Quality Assurance in Agricultural Produce – Seminar on Postharvest Technology, Proceedings of the 19th ASEAN/ 1st APEC, Ho Chi Min City, Vietnam, 9-12 November, pp. 444-450.

Able, A. J., Wong, L. S., Prasad, A and O'Hare, T. J. 2002. 1-MCP is more effective on a floral brassica (*Brassica oleracea* var. *italic* L.) than a leafy brassica (*Brassica* rapa var. *chinensis*). Postharvest Biology and Technology. 26: 147-155.

Blankenship, S.M. and Dole, J.M. 2003, 1-Methylcyclopropene: Postharvest Biology and Technology 28: 1-25

Bron, I., Vitti, D., Kluge, R., Arruda, M., Jakomino, A., Lima, G. 2005. Influence of low temperature storage and 1-methylcyclopropene on the conservation of fresh-cut watercress. Braz. J. Food Technol. 8: 121-126.

Costa, M. L., Cive, P. M., Chaves, A. R., and Martinez, G. A. 2006. Effect of ethephon and 6- benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzyme and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during postharvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20 C^{o} Postharvest Biology and Technology 35 : 191-199.

Jiang, W., Sheng, Q., Zhou, X.J., Zhang, M.J. and Liu, X.J. 2002, Regulation of detached coriander leaf senescence by 1-Methylcyclopropene and ethylene. Postharvest Biology and Technology 26 : 339-345

Hassan, F.A.S. and Mahfouz, S.A. 2010. Effects of 1- methylcyclopropene (1-MCP) treatment on sweet basil leaf senescence and ethylene production during shelf life.

Kenigsbuch, D., Chalupowicz, D., Aharon, Z., Maurer, D. and Aharoni, N. (2007). The effect of CO_2 and 1- methylcyclopropene on the regulation of postharvest senescence of mint, *Mentha longifolia* L. Postharvest Biology and Technology. 43: 165-173.

Klieber, A. 2001. Chinese cabbage - optimizing postharvest practices. Access to Asian Vegetables Newsletter, Issue 44, Nov 2001.

Koukounaras, A., Siomos, A.S. and Sfakiontakis, E., 1999, Postharvest CO_2 and ethylene production and quality of rocket (*Erucasativa* Mill) leaves as affected by leaf age and storage temperature. Postharvest Biology and Technology. 46: 167-173

Ku, V. V. V. and Wills, R. B. H. 1999. Effects of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. Postharvest Biology and Technology. 17: 127-132.

O'Hare, T. J. and Wong, L. S. 2002. Leafy Asian Vegetables- Extending their Shelf Life (Part 2). (RIRDC Publication No 02/006, RIRDC Project No DAQ-239A). Rural Industries Research and Development Corporation, Barton, ACT.

Porat, R., Weiss, B., Cohen, L., Daus, A., Goren, R. and Droby, S. 1999. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamonti' oranges. Postharvest Biology and Technology. 15: 155-163.

Rohm and Hass Co. Ltd. 1999. 1-Methylcyclopropene. Technical Bulletin. 13 p.

ภาคผนวก

ตาราง ก แสดงสภาพแวดล้อมระหว่างการรมด้วย 1-MCP ในภาชนะบรรจุของแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	วัน เดือน ปี (ทดสอบ 1-MCP)	อุณหภูมิ (^{0}C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%; RH)		
		Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย	Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย
1	21 ต.ค.53	24.79	28.31	27.80 ± 0.04	54.40	89.80	86.77 ± 0.18
2	29 ต.ค.53	24.40	27.91	27.55 ± 0.03	46.20	92.50	88.61 ± 0.34
3	21 พ.ย.53	23.24	26.73	26.40 ± 0.03	52.80	87.30	85.30 ± 0.16

ตาราง ข แสดงสภาพแวดล้อมการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง ของการทดลอง ที่ 1

การทดลองที่	วันที่ทำการทดลอง	อุณหภูมิ (^{0}C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%; RH)		
		Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย	Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย
1	21 ต.ค.53	25.95	29.50	27.87 ± 0.04	39.70	56.30	50.16 ± 0.23
	22 ต.ค.53	24.79	29.90	27.61 ± 0.03	39.90	67.40	53.57 ± 0.17
	23 ต.ค.53	26.34	30.31	27.94 ± 0.02	34.00	77.80	55.90 ± 0.20
	24 ต.ค.53	26.34	29.50	28.49 ± 0.02	39.60	66.30	56.09 ± 0.23
	25 ต.ค.53	36.34	30.71	28.58 ± 0.03	37.90	75.70	57.43 ± 0.22
	26 ต.ค.53	24.79	29.90	27.97 ± 0.04	37.40	65.60	56.71 ± 0.22
ค่าเฉลี่ยรวม		28.08 ± 0.03			54.98 ± 0.21		

ตาราง ค แสดงสภาพแวดล้อมการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ ตู้แช่ ของการทดลองที่ 2

การทดลองที่	วันที่ทำการทดลอง	อุณหภูมิ (^{0}C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%; RH)		
		Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย	Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย
2	21 พ.ย.53	2.46	17.90	3.86 ± 0.07	35.4	100.0	75.69 ± 0.32
	22 พ.ย.53	2.86	7.83	3.55 ± 0.02	63.6	98.00	78.53 ± 0.17
	23 พ.ย.53	2.46	17.14	3.58 ± 0.02	47.1	98.80	78.03 ± 0.18
	24 พ.ย.53	2.03	7.83	3.39 ± 0.02	63.8	98.00	78.39 ± 0.14
	25 พ.ย.53	2.46	7.83	3.23 ± 0.02	72.3	91.70	79.06 ± 0.09
	26 พ.ย.53	2.46	7.43	3.20 ± 0.06	72.9	91.70	78.75 ± 0.23
	27 พ.ย.53	2.03	8.63	3.19 ± 0.02	65.8	98.00	78.16 ± 0.14
	28 พ.ย.53	2.03	18.66	3.35 ± 0.03	34.1	98.00	75.59 ± 0.16
	29 พ.ย.53	2.03	8.63	3.35 ± 0.02	56.2	98.00	75.74 ± 0.20
	30 พ.ย.53	2.03	27.12	4.39 ± 0.10	23.9	100.0	73.50 ± 0.27
	1 ธ.ค.53	2.89	19.81	3.78 ± 0.03	31.2	94.40	76.88 ± 0.21
	2 ธ.ค.53	2.89	9.03	3.59 ± 0.02	64.4	94.40	76.40 ± 0.13
	3 ธ.ค.53	2.89	20.57	3.65 ± 0.04	64.9	100.00	76.44 ± 0.18
	4 ธ.ค.53	2.89	8.63	3.97 ± 0.03	60.1	94.40	72.64 ± 0.20
	5 ธ.ค.53	3.31	8.63	3.88 ± 0.02	59.9	91.70	73.09 ± 0.15
	6 ธ.ค.53	2.89	23.24	4.04 ± 0.07	60.1	99.70	73.41 ± 0.24
	7 ธ.ค.53	2.89	9.03	3.69 ± 0.02	57.5	94.40	74.96 ± 0.16
	8 ธ.ค.53	2.89	8.63	3.63 ± 0.02	56.2	94.40	74.77 ± 0.18
	9 ธ.ค.53	2.89	24.79	3.86 ± 0.08	57.7	100.00	74.94 ± 0.26
ค่าเฉลี่ยรวม		3.64 ± 0.04			75.95 ± 0.19		

ตาราง ง แสดงสภาพแวดล้อมการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง ของการทดลองที่ 3

การทดลองที่	วันที่ทำการทดลอง	อุณหภูมิ (^{0}C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%; RH)		
		Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย	Min.	Max.	ค่าเฉลี่ย
3	29 ต.ค.53	24.40	27.91	25.89 ± 0.02	42.50	61.20	49.69 ± 0.11
	30 ต.ค.53	25.95	29.90	27.99 ± 0.02	39.50	63.00	53.14 ± 0.21
	31 ต.ค.53	27.52	33.17	28.50 ± 0.02	35.70	70.90	53.00 ± 0.16
	1 พ.ย.53	26.34	29.90	28.25 ± 0.03	39.20	61.00	51.03 ± 0.19
	2 พ.ย.53	26.34	29.90	28.34 ± 0.02	36.80	55.50	47.11 ± 0.10
ค่าเฉลี่ยรวม		27.79 ± 0.02			50.79 ± 0.15		