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 อัตราการคายน้ำเร็วกว่าพื้นผิวที่แคบกว่าตัวอย่าง เช่น ผักกาดหอม และขึ้นฉ่ายจะคายน้ำได้เร็ว แตงกวา ฝรั่งหรือมะม่วงมีเนื้อที่ผิวแผ่แคบจะคายน้ำช้ากว่า ผักคะน้า ผักกวางตุ้งซึ่งมีใบแผ่กว้าง จะคายน้ำเร็วกว่าผักกาดหอมห่อและกะหล่ำปลี ซึ่งยังมีในนอกสัมผัสกับอากาศห่อหุ้มอยู่ ป้องกันการระเหยจาการคายน้ำไว้ชั้นหนึ่งก่อนแล้ว 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 การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนนำไปสู่กาสูญเสียของผลิตผล

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 จะแสดงอาการสลายตัวของเนื้อเยื้อ 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 การเก็บรักษาผักรับประทานใบในสภาพที่มีแสจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ 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

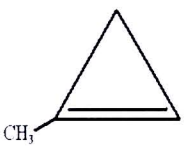
เป็นที่ทราบกันดีว่า เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ ซึ่งเนื้อเยื่อพืชสามารถสร้างขึ้นเองได้ เอทธิลีนมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผลสด ซึ่งหมายรวมถึง ผัก ผลไม้ และดอกไม้ โดยปกติพืชสามารถผลิตเอทธิลีนได้ในปริมาณที่น้อย แต่เมื่อผลิตผลแก่เต็มที่ หรือเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก หรือได้รับความเครียดจากการกระทบกระเทือน 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