# บทที่ 2
# การศึกษาเบื้องต้นและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

ชื่อสามัญ (common name) : Kaffir Lime, Leech Lime

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus hystrix* DC.

ชื่อวงศ์ : Rutaceae

มะกรูดจัดอยู่ในสกุลส้ม (Citrus) เป็นไม้ยืนต้นมีขนาดเล็ก เนื้อไม้แข็ง ความสูงประมาณ 12 เมตร ลำต้นและกิ่งมีหนาม ใบรูปไข่กว้างถึงไข่แกมรีหรือขอบขนาน ขนาดกว้างประมาณ 2-6 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3-15 เซนติเมตร ปลายใบมน โคนใบสอบหรือมน ขอบใบ จักมน คล้ายรูปลิ่ม ดูเหมือนใบเป็น 2 ตอน แผ่นใบมีต่อมน้ำมันใส ดอกออกตรงซอกใบ ดอกมีกลิ่นหอม ดอกเดี่ยวหรือช่อมี 2-12 ดอก กลีบเลี้ยงมี 4-5 กลีบ รูปไข่กว้างปลายแหลม กลีบดอกมี 4-5 กลีบ กลีบหนา รูปไข่แกมรี ปลายมนแหลมสีขาว ด้านนอกมีต่อมน้ำมัน กลีบร่วงง่าย เกสรเพศผู้จำนวนมาก ก้านเกสรสีขาว อับเรณูสีเหลืองอ่อน เกสรเพศเมีย คล้ายกระบองสีเหลืองแกมเขียว ยอดเกสรรูปร่างกลม สีเหลืองแกมเขียว รังไข่ มีลักษณะกลม ส่วนบนกว้างมีหลายช่อง ผลแบบส้มค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 3-7 เซนติเมตร เปลือกหนา มีผิวขรุขระ สีเขียว เมื่อสุกจะมีสีเหลือง มีเมล็ดหลายเมล็ด (กัญจนาและคณะ, 2542) ในใบและผลมะกรูด เมื่อนำมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้ส่วนของน้ำมันหอมระเหยในปริมาณประมาณ 0.08 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดมักประกอบด้วย เบต้า-ไพนีน ไลโมนีน และซาบินีน เป็นสารหลัก ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบประกอบด้วย ซีโทรเนลลาล ไอโซพูลิโกล และไลนาลูออล เป็นสารหลัก ส่วนในน้ำมะกรูดนั้นมี กรดซิตริก วิตามินซี และกรดอินทรีย์ชนิดอื่นๆ เป็นส่วนประกอบมะกรูด เป็นพืชที่จัดว่ามีประโยชน์อยู่มากมาย เมื่อกล่าวถึงมะกรูด แทบไม่มีใครเลยที่ไม่รู้จัก เป็นที่ทราบกันมาแต่สมัยโบราณแล้วว่ามะกรูดไม่เพียงแต่ทำให้ผมดำเงางามเท่านั้น แต่มะกรูดยังช่วย กำจัดรังแค แก้คันศีรษะ แก้ผมแตกปลาย ป้องกันผมร่วง และช่วยให้ผมหงอกช้าอีกด้วย กรรมวิธีในการนำมะกรูดมาสระผมนั้นก็มีด้วยกันหลายวิธี แต่ที่นิยมมากคือ นำลูกมะกรูดไปเผาไฟ แล้วนำน้ำมายีที่ศีรษะแล้วล้างออก แต่ด้วยวิวัฒนาการที่ทันสมัยมากขึ้นในปัจจุบัน จึงพบเห็นมะกรูดเป็นส่วนประกอบในแชมพูสระผม และครีมนวดผมมากมายหลายยี่ห้อ

นอกจากนี้แล้วมะกรูดยังได้อยู่คู่ครัวไทยมานานแสนนาน ดังจะเห็นได้จากอาหาร ขึ้นชื่อหลายชนิดที่มีส่วนผสมของมะกรูด ที่มองไม่เห็นว่าใช้มะกรูดเป็นส่วนผสมก็ได้แก่ พริกแกงต่างๆ

ของไทยที่ใช้ผิวจากลูกมะกรูดเป็นส่วนผสม น้ำมะกรูดใช้ปรุงรสเปรี้ยวใน แกงเทโพ แกงส้ม เพราะมีกลิ่นหอมและมีรสเปรี้ยวอมหวานกลมกล่อม เป็นต้น อาหารบางอย่างที่เห็นชัดเจนว่ามีมะกรูดเป็นส่วนผสม ได้แก่ ต้มยำ ต้มข่า ต้มแซบ หรือซอยโรยหน้าห่อหมก ฉู่ฉี่ พะแนง และใส่เป็นส่วนผสมทอดมัน เป็นต้น มะกรูดมีการใช้ประโยชน์อย่างมาก เป็นได้ทั้งเครื่องเทศและยาสมุนไพร และเนื่องจากในมะกรูดมีน้ำมันหอมระเหยอยู่มาก จึงถูกนำไปสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย บางครั้งกลิ่นฉุนของมะกรูดยังสามารถไล่แมลงบางชนิดได้เป็นอย่างดี สรรพคุณทางยาของมะกรูด ได้แก่ ผลสด ผิวมะกรูด แก้ลมหน้ามืด บำรุงหัวใจ ขับระดู ขับลม ส่วนผลที่มีรสเปรี้ยว ใช้ในการขับเสมหะ ฟอกเลือด สระผมขจัดรังแค รากใช้แก้พิษฝีภายใน ใบแก้ช้ำใน ดับกลิ่นคาว เป็นต้น ทางด้านความเชื่อมะกรูดยังเป็นไม้มงคลที่ควรปลูกไว้ในบริเวณบ้าน โดยปลูกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เชื่อกันว่าจะทำให้ผู้อยู่อาศัยในบ้านมีความสุขและความเจริญ (ยุวดี, 2545)

**2.2 ปัจจัยทางชีววิทยาที่มีผลต่อการเน่าเสียของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว** (จริงแท้, 2546)

ผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวแล้วยังมีชีวิตอยู่ กระบวนการต่างๆ ที่เคยดำเนินอยู่ภายในเนื้อเยื่อของผลิตผล (Metabolic Activities) ขณะที่ยังติดอยู่บนต้น หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วยังคงมีอยู่ต่อไป อาจมีการเปลี่ยนแปลงช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพแวดล้อม อาจมีกระบวนการใหม่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อของผลิตผล ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว มีส่วนเกี่ยวข้องที่ก่อให้เกิดการสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในผลิตผลก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันความเสียหายของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีดังนี้

**2.2.1 การหายใจ** เป็นกระบวนการสลายอินทรียวัตถุที่สะสมของพืช ในรูปของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โดยก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน จัดเป็นกระบวนการทำลายอาหารที่สะสมไว้ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชคือ คุณค่าทางอาหารลดลง โดยเฉพาะความหวาน รสชาติเสื่อมด้อยลง น้ำหนักสะสมลดน้อยลงมาก การที่อาหารสะสมภายในเนื้อเยื่อถูกนำไปใช้มากจะนำไปสู่ความตายของเนื้อเยื่อ และมีการปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาทำให้พืชเกิดความเสื่อมสภาพ ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการหายใจ อัตราการหายใจของพืชหลังการเก็บเกี่ยว เป็นสิ่งที่แสดงถึงอายุการเก็บรักษาได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปพืชที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวสั้น พืชที่มีอัตราการหายใจต่ำ จะมีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวได้นาน

**การหายใจของพืชแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ**

2.2.1.1 **การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Respiration)** เป็นการหายใจในสภาพปกติที่อากาศจะมีออกซิเจนประมาณ 20-21 เปอร์เซ็นต์ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$

**2.2.2.2 การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Respiration)** เป็นการหายใจของพืชชั้นต่ำและพืชชั้นสูงในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ เป็นการสลายน้ำตาลกลูโคสในกระบวนการไกลโคไลซิสเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากไม่มีออกซิเจนมาออกซิไดซ์กรดไพรูวิค ทำให้สลายตัวไม่หมดเกิดเป็นสารอื่น เช่น ethyl alcohol lactic acid acetaldehyde bultylic acid oxalic acid และ citric acid รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารเหล่านี้ถ้าไม่มีทางระบายออกจากเซลล์จะเกิดพิษต่อเซลล์ได้ พืชชั้นสูงส่วนใหญ่หายใจแบบใช้ออกซิเจน แต่ถ้าขาดออกซิเจนจะหยุดหายใจไปได้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{พลังงาน}$$

**2.2.2 การคายน้ำ** ผลไม้สดหรือผักสดประกอบด้วยน้ำประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า และในระยะการเจริญเติบโตพืชจะได้รับน้ำอย่างเพียงพอ โดยผ่านทางระบบรากของพืช แต่เมื่อ เก็บเกี่ยวมาแล้ว น้ำเหล่านี้จะถูกตัดขาด แม้ผลิตผลของพืชจะมีชีวิตอยู่ได้ด้วยน้ำที่สะสมไว้เอง เมื่อผลิตผลยังหายใจอยู่การคายน้ำก็ยังเกิดขึ้นต่อไปด้วย ผลของการคายน้ำนี้เป็นการสูญเสียน้ำจากผลิตผลหลังเก็บเกี่ยวมาแล้วซึ่งไม่อาจหดแทนได้ อัตราการสูญเสียน้ำโดยวิธีการคายน้ำจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กำหนดถึงความสดหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืช การสูญเสียน้ำทำให้น้ำหนักลดลง เมื่อยิ่งสูญเสียน้ำมากรูปร่างและความยืดหยุ่นของผลิตผลพืชก็จะยิ่งลดลงจนอ่อนนิ่มและเหี่ยวไป ผลิตผลสดคายน้ำออกมาเป็นไอน้ำผ่านทางช่องเปิดทางธรรมชาติ และสร้างความเสียหายให้แก่ผิวได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนั้น พื้นผิวของผลิตผลยิ่งแผ่กว้างอัตราการคายน้ำก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นกว่าพื้นผิวของผลิตผลที่แคบกว่า (สายชล, 2528)

**2.2.3 การผลิตก๊าซเอทธิลีน (Ethylene Production)** ก๊าซเอทธิลีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีผลต่อขบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เป็นสารที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากกระบวนการเมตาบอลิซึม ของพืชชั้นสูงและจากจุลินทรีย์บางชนิด เอทธิลีนถือว่าเป็นฮอร์โมนธรรมชาติที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลายอย่างในผลิตผลพืช เช่น ก่อให้เกิดการแก่ (Aging) การสุก (Ripening) และการแยกตัว (Abscission) ของอวัยวะของพืช เป็นต้น ก๊าซเอทธิลีนสามารถแสดงผลต่อสรีรวิทยาได้ แม้ว่าจะมีปริมาณน้อยเพียง 0.1 ส่วนในล้านส่วน (0.1 ppm) ก็ตาม ดังที่กล่าวมาแล้วว่าก๊าซเอทธิลีนถูกผลิตขึ้นจากตัวของผลิตผลเอง และพบว่าใน

ผลิตผลบางชนิดอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามการปล่อยให้ผลิตผลได้รับก๊าซเอทธิลีน มีแนวโน้มที่จะทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตผลทุกชนิดสั้นลง อัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนโดยปกติแล้วจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล พันธุ์ อายุทางสรีรวิทยา ปริมาณของบาดแผลทางกายภาพ การเกิดโรคของผลิตผล อุณหภูมิ ความชื้น และสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่างๆ

**2.2.4 การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในผลิตผล (Compositional Change)** ภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขององค์ประกอบหลายชนิดในผลิตผล การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดสามารถทราบด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือการนิ่มตัวของผลิตผล สามารถทราบได้จากการใช้มือกดหรือบีบ แต่การเปลี่ยนแปลงบางชนิดเป็นการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งต้องอาศัย วิธีวิเคราะห์ทางเคมีจึงจะทราบได้ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้บางครั้งก็เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค บางครั้งก็ไม่ต้องการขึ้นอยู่กับผลิตผลแต่ละชนิดๆไป การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตผล สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.2.4.1 การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ (Pigment)

คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) เป็นรงควัตถุซึ่งมีสีเขียวและเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช พบในพืชสีเขียวทุกชนิด ในใบพืชที่มีสีเขียวจะมีคลอโรฟิลล์อยู่ประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด กระจายตัวอยู่ในอวัยวะภายในของเซลล์ชื่อว่า คลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์มีหลายชนิด เช่น Chlorophyll a, b, c และ d เป็นต้นแต่ที่สำคัญคือ Chlorophyll a และ b ซึ่งจะปรากฏในผักและผลไม้ในอัตราส่วน 3:1 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง ส้ม และแดง โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ตัวอย่างเช่น แคโรทีน (Carotene) ไลโคพีน (Lycopene) แซนโธฟิลล์ (Xanthophyll) และคริพโตแซนธิน (Cryptoxanthin) เป็นต้น รงควัตถุแคโรทีน มีประมาณ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด ซึ่งในธรรมชาติจะอยู่รวมกับคลอโรฟิลล์ในคลอโรพลาสต์ ขณะที่ผลไม้สุกหรือใบเสื่อมสภาพ (Senescence) คลอโรฟิลล์จะสลายตัว แต่แคโรทีนอยด์จะยังคงอยู่และปรากฏสีเด่นชัดขึ้น แอนโธไซยานิน (Anthocyanin) เป็นกลุ่มของสารประกอบที่ให้สีแดง ชมพู น้ำเงิน และม่วง สามารถละลายน้ำได้ พบทั่วไปในพืชทำให้เกิดสีกับดอก ใบ ผล และส่วนอื่นๆ ของพืช ลักษณะที่สำคัญของแอนโธไซยานินอย่างหนึ่งคือ สีของแอนโธไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะค่าความเป็นกรดด่างของสารละลาย โดยที่แอนโธไซยานินจะมีสีแดงในสภาพที่สารละลายเป็นกรด และสีจะจางลงเมื่อความเป็นกรดลดน้อยลง ในสภาพสารละลายเป็นกลางหรือเป็นด่าง แอนโธไซยานินจะมีสีน้ำเงินหรือสีม่วง ในตอนแรกและสีจะจางลงไปเรื่อยๆ (Gross, 1987)

2.2.4.2 การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต (ดนัย, 2540)

การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล เป็นที่ต้องการในผลิตผลแทบทุกชนิด แต่ไม่เป็นที่ต้องการในมันฝรั่ง หรือมันเทศ เป็นต้น การเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งในพืชบางชนิดนั้นไม่เป็นที่ต้องการเช่นในพวกข้าวโพดอ่อน ส่วนการสลายตัวของสารประกอบเพคติน และสารประกอบโพลิแซคคาไรด์อื่นๆ ทำให้ผลไม้นิ่มและเป็นสาเหตุให้เกิดการช้ำเสียหายได้ง่าย อีกทั้งยังเพิ่มความอ่อนแอที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์ด้วย ส่วนการเพิ่มปริมาณลิกนิน ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อ มักไม่เป็นผลดีในผลิตผลจำพวกหน่อไม้ฝรั่ง และพวกพืชหัวต่าง ๆ

2.2.5 การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ (Organic Acid) โดยทั่วไปแล้วซึ่งมีผลในเรื่องรสชาติของผลิตผล เช่น ความเปรี้ยว และแหล่งอาหารสำรองที่จะใช้ในขบวนการหายใจ ดังนั้นปริมาณกรดอินทรีย์ภายในผลิตผลจะลดลงเมื่อผลแก่มากขึ้นหรือสุกมากขึ้น ยกเว้นในผลิตผลบางชนิด เช่น กล้วย และสับปะรด เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณกรดอินทรีย์สูงสุดในขณะที่ผลอยู่ในระยะสุกเต็มที่

2.2.6 การสูญเสียวิตามิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินซี มักเกิดขึ้นในผลิตผลจำพวกผัก ทำให้เกิดการสูญเสียทางคุณค่าโภชนาการ

2.2.7 การเปลี่ยนแปลงของไขมัน โปรตีน และการเกิดขึ้นของสารหอมระเหยบางชนิดภายในผลิตผลยังมีอิทธิพลต่อรสชาติของผลิตผล

2.2.8 การเจริญเติบโตและพัฒนาการต่างๆภายหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.8.1 การงอกยอดหรือราก ของมันฝรั่ง หอมหัวใหญ่ กระเทียม และพืชหัวอื่นๆ มีผลทำให้คุณค่าในการใช้ประโยชน์ลดลงและเน่าเสียเร็วขึ้น

2.2.8.2 การตอบสนองต่อแรงดึงดูดของโรค (Geotropic Response) ในผลิตผลบางชนิด อย่าง หน่อไม้ฝรั่ง แกลดิโอลัส เมื่อวางนอนในแนวราบ จะมีการเจริญเติบโต ยืดยาวต่อไปในแนวตรงข้ามกับแรงดึงดูด ทำให้ผลิตผลเกิดลักษณะโค้งหรืองอ คุณภาพด้อยลงเนื่องจากส่วนที่งอจะเกิดอาการกระด้าง เมื่อรับประทานหรือทำให้คุณค่าในการใช้ประโยชน์ด้อยลง

2.2.8.3 การงอกของเมล็ดตั้งแต่อยู่ภายในผล เช่น มะเขือเทศ พริกหวานหรือถึงแม้ว่า จะพบไม่บ่อยนักแต่ก็ทำให้คุณภาพของผลิตผลด้อยลง

2.3 ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากความผิดปกติทางสรีรวิทยาของพืช (Physiological Breakdown)

2.3.1 การเก็บรักษาผลิตผลไว้ในที่ที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม สามารถทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาต่อผลิตผลได้ต่างๆ ดังนี้

2.3.1.1 ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไป

(Chilling Injury) มักเกิดขึ้นกับพืชเมืองร้อนหรือพืชกึ่งร้อน ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 5-15 องศาเซลเซียส โดยความเสียหายอาจปรากฏออกมาในลักษณะของการเปลี่ยนสีของผิวและเนื้อจุดหรือบริเวณช้ำน้ำ สุกไม่สม่ำเสมอ ภายในผลเดียวกันสูญเสียความเสียความสามารถในการสุก หรือรสชาติผิดปกติไป และยังทำให้ผลิตผลอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลเป็นหลัก

2.3.1.2 ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป (Heat Injury) อาจเกิดขึ้นเนื่องจากปล่อยให้ผลิตผลได้รับแสงแดดโดยตรง หรือได้รับความร้อนสูงไประหว่างขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้ Hot Treatment หรือการเก็บรักษาไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้ผิวไหม้ สุกไม่สม่ำเสมอ ผลนิ่ม ผิวแห้ง หรือเหี่ยวผิดปกติไป

2.3.1.3 ความผิดปกติทางสรีรวิทยาของพืช อาจเกิดขึ้นจากการได้รับธาตุอาหารบางชนิดไม่เพียงพอในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น อาการ Blossom End Rot ในมะเขือเทศและอาการไส้ขมในแอปเปิ้ล ซึ่งเกิดจากการที่ผลิตผลไม่ได้รับธาตุแคลเซียมในปริมาณที่เพียงพอระหว่างการพัฒนาของผล ความผิดปกติเหล่านี้สามารถลดลงได้ ด้วยการเพิ่มธาตุแคลเซียมให้กับผลิตผล ทั้งในระยะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

2.3.1.4 การปล่อยให้บรรยากาศที่เก็บรักษาผลิตผลมีปริมาณออกซิเจนที่ต่ำเกินไป (ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์) หรือ ได้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไป (มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์) สามารถทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาได้เช่นกัน

2.3.1.5 ความเสียหายทางกายภาพ (Physical Damage) ผลิตผลพืชเกือบทุกชนิดประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นจึงทำให้มีลักษณะอวบน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการเกิดความเสียหายทางกายภาพ เช่น ผิวช้ำเสียหาย บาดแผลจากการตกกระทบ (Impact Bruising) หรือบาดแผลที่เกิดจากการสั่นสะเทือน (Vibration Bruising) เป็นต้น บาดแผลเหล่านี้นอกจากจะทำให้ผลิตผลมองดูไม่น่าซื้อในสายตาของผู้บริโภคแล้ว ยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพลงภายในเวลาอันรวดเร็ว เนื่องจากบาดแผลเหล่านี้เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น เป็นจุดที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยเร่งกระบวนการหายใจและกระบวนการผลิตก๊าซเอทธิลีนในผลิตผลอีกด้วย

2.3.1.6 ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากโรคพืชภายหลังการเก็บเกี่ยว (Pathological Breakdown) เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราหลายชนิดสามารถทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นในผลิตผลพืช เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อที่ไม่มีความรุนแรงมากนัก (Weak Pathogen) ดังนั้น จึงสามารถเข้าทำลายภายหลังจากที่ผลิตผลเกิดความเสียหายทางกายภาพหรือเกิดบาดแผล มีเพียงเชื้อราบางชนิดเท่านั้น เช่น เชื้อ *Collectrichum sp.* ที่สามารถเจาะเข้าทำลายทางผิวของผลิตผลที่สมบูรณ์ได้ นอกจากนี้เชื้อราบางชนิด เช่น เชื้อ *Collectrichum sp.* และเชื้อ *Botryodiplodia sp.*

สามารถเข้าไปแอบแฝงอยู่ภายในผลตั้งแต่ผลเริ่มปฏิสนธิและจะเริ่มแสดงอาการปรากฏออกมาให้เห็นเมื่อผลเริ่มสุก ผลิตผลโดยทั่วไปมักมีความต้านทานต่อเชื้อเหล่านี้อยู่ตลอดช่วงของอายุ แต่สำหรับพืชบางชนิดหรือบางพันธุ์ เมื่อถึงระยะสุกจะมีผลทำให้ความต้านทานที่มีอยู่ลดน้อยลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลง ทางชีวเคมีขององค์ประกอบทางเคมีหลายชนิดในระยะนี้ นอกจากนี้ ความผิดปกติทางสรีรวิทยาและความเสียหายทางกายภาพก็มีผลทำให้ความต้านทานที่มีต่อโรคลดลงเช่นกัน

2.4 **การควบคุมการเปลี่ยนแปลงผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว** (ดนัย และนิธิยา, 2548) ผักและผลไม้จะมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน ถ้าเก็บเกี่ยวเมื่อมีความแก่อ่อนที่เหมาะสม การเก็บเกี่ยวจะทำเมื่อผักและผลไม้มีความแก่ตามความต้องการของตลาดแต่เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วผักผลไม้ยังมีการหายใจและการคายน้ำอยู่ ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการ เพื่อให้ผักและผลไม้มีคุณภาพตามที่ผู้บริโภคประสงค์ จึงต้องลดความร้อนภายหลังการเก็บเกี่ยว ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และแมลงที่ติดมา ควบคุมการหายใจเพื่อชะลอการสุกหรือเร่งให้มีการสุก และทำการเก็บรักษาอย่างถูกต้อง

2.4.1 การลดความร้อนภายหลังการเก็บเกี่ยว (Pre Cooling)

การปล่อยให้ผลิตผลทางการเกษตรมีอุณหภูมิสูงหลังจากเก็บเกี่ยวจะทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น เร่งให้เกิดการแก่ การสุกและการเสื่อมสลายเร็วขึ้น ทำให้สูญเสียน้ำ เร่งการสร้างก๊าซเอทธิลีนและยังทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เจริญได้อย่างรวดเร็ว การลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของพืชผลบางชนิดสามารถทำได้ตั้งแต่ก่อนการลดความร้อน หรือทำควบคู่กันกับการลดอุณหภูมิของผลิตผล ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ขึ้นอยู่กับว่าจะจัดจำหน่ายแบบขายส่งหรือขายปลีก วิธีการลดความร้อนของผลิตผลทางการเกษตรที่นิยมใช้ มีดังนี้

2.4.1.1 การใช้ลมเย็น (Forced-Air Cooling) เป็นการลดอุณหภูมิโดยการเป่าอากาศเย็นอุณหภูมิประมาณ 0-3 องศาเซลเซียส และทำการหมุนเวียนอากาศด้วยความเร็วสูง การทำให้อากาศเย็นไหลผ่านและแทรกตัวเข้าไประหว่างภาชนะบรรจุด้วยความเร็วสูงจะทำให้อากาศพาความร้อนออกจากผักและผลไม้ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อผักและผลไม้เย็นลงแล้ว จะต้องลดหรือหยุดการหมุนเวียนของอากาศ เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผักและผลไม้ เมื่อผักและผลไม้เย็นลงแล้วควรจะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับผักและผลไม้ชนิดนั้นๆ โดยวิธีนี้นิยมใช้กับ ส้ม แตง องุ่น ท้อ แอปเปิล กล้วย สตรอเบอรี่และมะเขือเทศ

2.4.1.2 การใช้สุญญากาศหรือการลดความดัน (Vacuum Cooling) เป็นวิธีการลดอุณหภูมิที่รวดเร็วที่สุด นิยมใช้กับผักใบต่างๆ ทำได้โดยการใส่ผักหรือผลไม้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด แล้วดูดอากาศออกโดยใช้ปั๊มสุญญากาศจนมีความดันประมาณ 4.5 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งจะทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำออกจากผักและผลไม้ ทำให้อุณหภูมิลดลง วิธีการนี้จะมีการ

สูญเสียน้ำหนักของผักและผลไม้ไปมาก ดังนั้นจึงอาจสเปรย์ผักและผลไม้ด้วยน้ำสะอาดก่อน นิยมใช้กับผักกาดหอมห่อ หน่อไม้ฝรั่ง เชอรี่ ข้าวโพดหวาน ถั่วฝักสด และเห็ด

2.4.1.3 การใช้น้ำเย็น (Hydro Cooling) เป็นการลดความร้อนโดยใช้น้ำเย็น เป็นวิธีการที่รวดเร็ว ใช้ได้ดีกับผักและผลไม้หลายชนิด สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ปล่อยให้น้ำเย็นไหลผ่าน ผักและผลไม้ที่เคลื่อนมาตามสายพาน การสเปรย์น้ำเย็นลงบนผักและผลไม้ การจุ่มผักและผลไม้ลงในน้ำเย็น หรือถังน้ำแช่น้ำแข็ง น้ำที่ใช้ควรมีอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส และเติมคลอรีน หรือสารระงับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การใช้น้ำเย็นเป็นวิธีการที่นิยมใช้เนื่องจากใช้เวลาน้อย ลดการสูญเสียน้ำหนักของผักและผลไม้ และยังช่วยทำความสะอาดเบื้องต้นด้วย นิยมใช้กับแครอท สาลี่ และแอปเปิ้ล

2.4.1.4 การใช้น้ำแข็ง (Contact Icing) นิยมใช้กับผักใบ โดยใช้น้ำแข็งป่นคลุมด้านบนหรือปูเป็นชั้นๆ ระหว่างผลิตผลเพื่อลดความร้อน เมื่อน้ำแข็งละลาย น้ำเย็นจะไหลผ่านผักและผลไม้ เมื่อผลิตผลทางการเกษตรมีอุณหภูมิลดลงแล้ว ก่อนการบรรจุเกษตรกรสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โดยการพรมสารละลายของโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือการรมควันกำมะถันในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อลดจุลินทรีย์หรือแมลงที่ติดมาบนผิวของผักและผลไม้ เป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ผิวโดยไม่กระทบกระเทือนคุณภาพภายในของพืช การรมควันกำมะถันนี้นิยมใช้กับผลไม้ประเภทที่ไม่ได้บริโภคเปลือก เช่น ลำไย และลิ้นจี่ เป็นต้น

**2.5 การเก็บรักษาผลิตผลที่เหมาะสม** (ดนัย และนิธิยา, 2548)

การเก็บรักษาที่ถูกต้องช่วยควบคุมหรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการในพืชนั้นๆ เช่น การงอกของมันฝรั่ง การเกิดสีเขียวของส่วนหัวของแครอท และการเกิดความเหนียวของถั่วแขก เป็นต้น ช่วยควบคุมการสูญเสียน้ำของผักและผลไม้ ควบคุมอัตราการหายใจให้ช้าลง และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สารเคมีควบคู่ไปกับการลดอุณหภูมิ สารเคมีที่ใช้อาจเป็นฮอร์โมนพืช แต่มีราคาแพง หรือใช้การดูดซับก๊าซเอทธิลีนที่ผลไม้สร้างขึ้นเพื่อให้มีความเข้มข้นต่ำเกินกว่าจะทำให้เกิดการสุก โดยการใช้ด่างทับทิม หรือโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารดูดซับก๊าซเอทธิลีน โดยการใส่ในซองหรือภาชนะบรรจุที่ก๊าซผ่านเข้า-ออกได้ และวางไว้ใกล้ๆ กับผักและผลไม้ หรือถ้าจะเร่งการสุกก็สามารถทำได้โดยให้ก๊าซเอทธิลีนหรือสารปลดปล่อยก๊าซเอทธิลีนแก่ผักและผลไม้ แต่ต้องใช้ในปริมาณมากและอาจมีกลิ่นติดไปกับผลไม้ได้ การเก็บรักษาที่นิยมใช้ควบคู่กับการควบคุมการหายใจและการคายน้ำของพืชมี 3 วิธีคือ

2.5.1 การใช้ความเย็น (Refrigerated Storage) อุณหภูมิภายในห้องเย็นต้องสูงกว่าอุณหภูมิจุดเยือกแข็งของผักและผลไม้เล็กน้อย และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเก็บรักษาประมาณ 85-95 เปอร์เซ็นต์ เช่น การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ที่อุณหภูมิ 0-1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการเก็บรักษาที่เหมาะสมจะขึ้นกับชนิด

และพันธุ์ของพืช ผักและผลไม้ในเขตร้อนมักจะเสื่อมสภาพถ้าเก็บในที่เย็นจัด เนื่องจากปฏิกิริยาเคมี อาการสะท้านหนาว จึงควรเก็บในอุณหภูมิที่สูงกว่า 10 องศาเซลเซียส เช่น กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม ควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13-14 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เงาะโรงเรียน เงาะสีชมพู ควรเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น พืชที่มีความชื้นต่ำ เช่น หอมแดง กระเทียม ควรใช้ความชื้นสัมพัทธ์ 65-75 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น และควรมีการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องเย็น เพื่อให้ภายในห้องมีอุณหภูมิเท่ากันทุกจุด นอกจากนั้นควรมีการกำจัดก๊าซเอทธิลีนที่พืชสร้างขึ้น โดยใช้สารช่วยดูดซับอย่างด่างทับทิมมาช่วยกำจัด (จริงแท้, 2546)

2.5.2 การควบคุมหรือปรับสภาวะของบรรยากาศ สามารถทำได้หลายระดับคือ

(1) **การควบคุมสภาพบรรยากาศ (Controlled Atmosphere Storage; CAS)** หมายถึง การเก็บรักษาในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซในบรรยากาศแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยต้องลดปริมาณของออกซิเจนลงให้เหลือน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยในการลดอัตราการหายใจและต้องเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 1-5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไป การหายใจจะเปลี่ยนจากแบบใช้ออกซิเจนเป็นไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้ผักและผลไม้มีกลิ่นรสผิดปกติ ระบบ CAS นี้ จะต้องการเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการผลิตและควบคุมความเข้มข้นของก๊าซควบคู่กับเครื่องทำความเย็น

(2) **การปรับสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere Storage ; MAS)** หมายถึง การเก็บรักษาที่มีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของบรรยากาศ ที่จุดเริ่มต้นเท่านั้น หลังจากนั้นส่วนประกอบของบรรยากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเกิดจากการหายใจของผักและผลไม้ โดยวิธีการนี้นิยมใช้กับการเก็บในถุงโพลิเอทธิลีนรวมถึงมีการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ สัดส่วนของก๊าซในระหว่างการเก็บรักษาจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของผักและผลไม้ ชนิดและจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ ตลอดจนบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้ว่ามีประสิทธิภาพป้องกันการผ่านเข้า-ออกของก๊าซได้มากน้อยเพียงใด

(3) การเก็บรักษาโดยการลดความดัน (Hypobaric Storage) หมายถึง การควบคุมสภาพบรรยากาศอีกวิธีหนึ่ง โดยการควบคุมความดันไอของก๊าซภายในห้องเก็บ ด้วยการดูดอากาศจากห้องเก็บรักษาให้มีความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ความดันย่อยของออกซิเจนและก๊าซชนิดอื่นๆจะลดลงด้วย อัตราการหายใจและการสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีนลดลง ความดันในห้องเก็บรักษาต่ำทำให้ก๊าซชนิดต่างๆ ที่อยู่ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์แพร่กระจายออกสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น เซลล์ของผักและผลไม้จึงสัมผัสกับก๊าซเอทธิลีนน้อยลง ปัญหาของวิธีการนี้คือการสูญเสียความชื้นของผักและผลไม้ ดังนั้นจึงต้องควบคุมความชื้นของบรรยากาศในห้องเย็นให้สูงอยู่เสมอ

2.6 บรรจุภัณฑ์พลาสติก (Plastics)

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่เรียกว่า พอลิเมอร์ (Polymer) เกิดจากการรวมตัวกันของโมโนเมอร์ (Monomer) หลายๆ โมเลกุลเข้าด้วยกันด้วยกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) พลาสติกจัดเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในสภาวะปกติจะแข็งตัว แต่สามารถทำให้เหลวได้ หากใช้ความร้อน และ ความดันที่เหมาะสม

2.6.1 โพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) มักรู้จักกันในนามถุงร้อน มีสีขาวขุ่น ทึบแสงกว่าโพลิเอทธิลีน มีความหนาแน่นในช่วง 0.890-0.905 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกันกับโพลิเอทธิลีน ลักษณะอื่นๆ คล้ายกับโพลิเอทธิลีนและมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้ มีผิวแข็งทนทานต่อการขีดข่วน คงตัวไม่เสียรูปง่าย สามารถทำเป็นบานพับได้ มีความทนทานมากเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมากแม้ที่อุณหภูมิสูง ทนทานต่อสารเคมีได้แต่สารเคมีบางชนิดอาจทำให้เกิดการพองตัวได้ มีความเหนียวที่อุณหภูมิตั้งแต่ 105 องศาฟาเรนไฮต์ ไปจนถึง 15 องศาฟาเรนไฮต์ (40 องศาเซลเซียส ถึง -10 องศาเซลเซียส) แต่ที่อุณหภูมิ 0 องศาฟาเรนไฮต์ จะเปราะมีความต้านทานต่อการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดีสามารถทนอุณหภูมิสูง ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียส ผสมสีได้ง่ายทั้งลักษณะโปร่งแสงและทึบแสง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบอยู่เสมอๆ ได้แก่ กล่องเครื่องมือ กระเป๋า ปกแฟ้มเอกสาร กล่องและตลับเครื่องสำอาง เครื่องใช้ในครัวเรือน กล่องบรรจุอาหาร อุปกรณ์ของรถยนต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม อุปกรณ์ทางการแพทย์ ขวดใส่สารเคมี กระป๋องน้ำมันเครื่อง กระสอบข้าว และถุงบรรจุปุ๋ย เป็นต้น

2.6.2 โพลิเอทธิลีน (Polyethylene: PE) โดยทั่วไปแล้ว โพลิเอทธิลีน มีสีขาวขุ่นและโปร่งแสง มีความลื่นมันในตัว เมื่อสัมผัสจะรู้สึกลื่น ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดแม่พิมพ์ มีความเหนียวและทนความร้อนได้ไม่มากนัก แต่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้า ใส่สีผสมได้ง่ายมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำจึงลอยน้ำได้ เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นจะทำให้มีความแข็งและความเหนียวเพิ่มขึ้น อุณหภูมิหลอมตัวสูงขึ้นและอัตราการคายก๊าซเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นลดลงจะทำให้อัตราการเสื่อมสลายของผิวเพิ่มขึ้น กล่าวคือผิวจะแตกร้านได้ง่ายขึ้น และมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้ ยืดหยุ่นได้ดี เหนียวมากที่อุณหภูมิต่ำ มีความทนทานต่อสารเคมีได้ดีมาก ทนต่อสภาวะอากาศได้ดีพอสมควร อากาศสามารถซึมผ่านได้ดี ทำให้ผลิตเป็นฟิล์มใส ฟิล์มสี ฟิล์มโปร่งแสงหรือทึบแสงได้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่ ขวดใส่สารเคมี ขวดใส่น้ำลัง หรือกล่องบรรจุสินค้า ภาชนะต่างๆ เครื่องเล่นของเด็ก ถุงเย็น ถาดทำน้ำแข็ง ชิ้นส่วนแบตเตอรี่ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ฉนวนไฟฟ้า ถุงใส่ของ แผ่นฟิล์มสำหรับห่อของ โต๊ะ และเก้าอี้ เป็นต้น

2.6.2.1 โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นพลาสติกที่ใช้กันมากและมีชื่อสามัญเรียกว่าถุงเย็น มักจะใช้ทำ ถุงฟิล์มหด ฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดผนึกได้ดี โครงสร้างของถุงโพลิเอทธิลีน จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร แต่จุดอ่อนของโพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำคือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดและด่างทั่วๆ ไป นอกจากนี้โพลิเอทธิลีน ความหนาแน่นต่ำยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศอย่างของขบเคี้ยวและของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดา คุณภาพอาหารจะเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำยังมีคุณสมบัติดูดฝุ่นในอากาศมาเกาะติดตามผิว ทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากโพลิเอทธิลีน ความหนาแน่นต่ำนี้เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะเปรอะเปื้อนด้วยฝุ่นได้

พลาสติกอีกชนิดหนึ่ง คือ Linear low density polyethylene (LLDPE) มีคุณสมบัติดังนี้ มีความเหนียว ความทนทานต่อแรงทิ่มแทงและแรงฉีกขาดได้ดีกว่า โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำใช้มากสำหรับทำฟิล์มยืด แต่มีข้อเสียคือ มีความขุ่นกว่าโพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ

2.6.2.2 โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีคุณสมบัติอยู่ระหว่าง LDPE กับ HDPE

2.6.2.3 โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ประมาณ 1 ใน 5 ของพลาสติกจำพวกประเภทโพลิเอทธิลีนที่จะใช้เป็นโพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง และส่วนใหญ่จะเป่าทำเป็นขวด เนื่องจากมีความหนาแน่นสูง ทำให้โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูงมีความเหนียวและทนต่อการซึมผ่านได้ดีกว่าโพลิเอทธิลีน ที่มีความหนาแน่นต่างกัน แต่ยังไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีจากการใช้โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง มาแทนที่โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักของขวดสามารถลดลงได้มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสามารถเป่าขวดที่มีผิวบางกว่า นอกจากขวดแล้ว โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูงยังสามารถใช้เป่าเป็นฟิล์ม หรือทำเป็นถาดที่ไม่ต้องการคุณสมบัติที่มีความใสมากนัก (ดนัย และนิธิยา, 2548)

**2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ดนัย และคณะ (2539) ได้บรรจุผักกาดหอมห่อ และผักรวมหลายชนิดไว้ในภาชนะบรรจุที่เป็น ถุงพลาสติกตราดอยคำ ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีนซึ่งปิดสนิทแล้วบรรจุก๊าซไนโตรเจนภายในและถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติก PVC พบว่า ผักทั้งหมดจะสูญเสียน้ำหนักน้อย และมีคุณภาพดี เมื่อเก็บรักษาในถุงพลาสติกซึ่งบรรจุก๊าซไนโตรเจน และพบว่าก๊าซไนโตรเจนจะมีผลดีต่อผักเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นก๊าซไนโตรเจนยังช่วยรักษาคลอโรฟิลล์ในใบให้คงอยู่นานขึ้นด้วย

บุษบา และคณะ (2551) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาและการสูญเสียน้ำหนักของถั่วงอก ถั่วฝักยาวหั่น และใบมะกรูดหั่นฝอยที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ปิดผนึก ถุงโพลีเอทธิลีน (Polyethylene, PE) ปิดผนึก และถ้วยพลาสติกที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มโพลีวินิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride, PVC) โดยมีตัวอย่างที่บรรจุในถ้วยพลาสติกไม่ปิดผนึกเป็นตัวอย่างควบคุม (Control) ภายใต้อุณหภูมิในการเก็บรักษา 4 ระดับ คือ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (32±5องศาเซลเซียส) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาถั่วงอกและถั่วฝักยาวหั่นคือ 5 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาใบมะกรูดหั่นฝอยคือ 5-10 องศาเซลเซียส สำหรับภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลิตผลทั้งสามชนิดในการทดลองนี้คือ ถุง PP หรือ ถุง PE ปิดผนึก

เบญจมาส และอุมาภรณ์ (2548) ได้ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาของผักตัดแต่งบางชนิด เช่น พริกชี้ฟ้า หัวผักกาดขาว แครอท ฟักทอง ฟักเขียว และแตงกวา ที่บรรจุในกล่อง Polypropylene (PP) หุ้มด้วยถุง Polyethylene (PE) หรือบรรจุในสภาพสุญญากาศในถุงพลาสติก Nylon แล้วเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส จากการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสุขภาพเป็นระยะจะพบว่าแตงกวา จะเก็บรักษาได้นาน 3 วัน ก่อนแสดงอาการ Chilling Injury พริกชี้ฟ้าและแครอทสามารถเก็บรักษาได้นาน 3 สัปดาห์ หัวผักกาดขาว ฟักทอง และฟักเขียวที่บรรจุกล่อง PP+PE จะเก็บรักษาได้นานเพียง 2 สัปดาห์ แต่จะเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศได้นาน 3 สัปดาห์ โดยมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

เบญจมาส และคณะ (2550) ได้ศึกษาโดยนำใบมะกรูดมาล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วบรรจุถุง Polypropylene (PP) ในสภาพสุญญากาศ โดยตลอดกรรมวิธีทำในห้องสะอาด จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 และ 10 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน พบว่า อุณหภูมิที่ใบมะกรูดสามารถเก็บได้นานที่สุดคือ 10 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บได้นาน 24 วันโดยที่คุณภาพเป็นที่ยอมรับและไม่มีอาการผิดปกติ ส่วนที่อุณหภูมิ 2 และ 5 องศาเซลเซียส เก็บใบมะกรูดได้นานเท่ากันที่ 12 วัน

ปฐมพงศ์ (2546) ได้ศึกษาบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายโหระพา โหระพาที่บรรจุในถุงโพลิเอทธิลีน (PE) และถุงโพลิโพรพิลีน (PP) สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายได้มากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ซึ่งมีการวางจำหน่ายประมาณ 2-5 วัน โดยโหระพาที่บรรจุถุงโพลิเอทธิลีนและถุงโพลิโพรพิลีน มีอายุการวางจำหน่าย 10 และ 14 วันตามลำดับ

วิภา และสาริณี (2550) ได้ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายของผักกวางตุ้งและโหระพา โดยที่ผักกวางตุ้งและโหระพาที่บรรจุในถุงแอคทีฟ ยืดอายุการวางจำหน่ายได้ดีที่สุด สามารถเก็บรักษาผักกวางตุ้งได้นาน 12 วัน และโหระพา 10 วัน

สมโภชน์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิและสารเคมีต่อคุณภาพของดอกกุยช่าย โดยเก็บเกี่ยวดอกกุยช่ายที่โตเต็มที่จากแปลงปลูกของเกษตรกรใน ต. หนองผึ้ง จ. เชียงใหม่ ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยคัดเลือกดอกที่มีขนาดสม่ำเสมอกัน ปราศจากโรคและแมลงหรือรอยตำหนิ แล้วบรรจุดอกลงใน PVC PP หรือ PE และนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10 หรือ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บดอกกุยช่ายได้นาน 2 สัปดาห์ขณะที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เก็บได้นาน 1 เดือน และการเก็บใน PVC ดอกกุยช่ายจะเหี่ยว ขณะที่ดอกใน PP และ PE ดอกกุยช่ายมีคุณภาพดีกว่า การทดลองต่อมาจึงใช้น้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครสที่ผสม gibberellic acid (GA3) 80 ppm หรือน้ำตาลซูโครสที่ผสม salicylic acid (SA) 500 ppm แช่ดอกกุยช่ายนาน 30 นาที แล้วบรรจุใน PP หรือ PE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 หรือ 10 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบคุณภาพทุก 2 สัปดาห์ พบว่า ดอกกุยช่ายที่แช่ซูโครสผสม GA3 และบรรจุใน PP แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 6-8 สัปดาห์

อุบลลักษณ์ และรุจิรา (2554) ได้ศึกษาการเก็บรักษาผักสลัดสดที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิค โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 4 และ 10 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชนิด (ถุงพลาสติกชนิด LDPE และถุงพลาสติก Fresh & Fresh )โดยตัดแต่งผักเป็น 2 ลักษณะคือ ตัดรากผัก และไม่ตัดราก วิเคราะห์โดยการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงของผักตัวอย่างในระหว่างการเก็บรักษา ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผัก โดยใช้แผนภูมิคะแนน 4 ระดับสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น สี ความสด และลักษณะปรากฏตรวจวัดการสูญเสียน้ำหนักของผักในระหว่างการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่า ผักตัวอย่างเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เหมาะสมกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส เก็บรักษาผักได้ประมาณ 21 วัน โดยภาพรวมผักที่เก็บในถุงพลาสติก Fresh & Fresh ยังคงความสดได้ดีกว่าผักที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดLDPE ผักสลัดที่ตัดรากมีลักษณะทางกายภาพดีกว่าผักที่ไม่ได้ตัดราก การสูญเสียน้ำหนักของผักในขณะที่เก็บรักษาพบว่า ถุงพลาสติกชนิด LDPE ดีกว่าถุงพลาสติก Fresh & Fresh

**2.8 กรอบแนวคิดการวิจัย**