# บทที่ 2

# การตรวจเอกสาร

## 2.1 ลักษณะทั่วไปของผักกาดหวาน

ผักกาดหวาน (Cos หรือRomaine, *Lactuca sativa* var. longefolia Bailey) อยู่ในวงศ์ Asteraceae (นิพนธ์, 2551) เป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นกอ ลักษณะใบยาวรี ซ้อนกันเป็นช่อ เป็นพืชที่นิยมบริโภคสด และสามารถประกอบอาหารได้หลายประเภท ผักกาดหวานมีน้ำในปริมาณมาก และมีวิตามินซีสูง นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ให้กับเม็ดเลือด และป้องกันโรคโลหิตจาง บรรเทาอาการท้องผูกซึ่งผักกาดหวานเป็นสายพันธุ์หนึ่งในตระกูลผักกาดหอมซึ่ง นิพนธ์ (2551) ได้รายงานว่าผักกาดหอมแต่ละพันธุ์มีรูปร่างแตกต่างกันไป และสามารถแบ่งสายพันธุ์ออกตามลักษณะของต้นและใบได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

2.1.1 ผักกาดหอมชนิดไม่ห่อหัว (Leaf lettuce) บางครั้งเรียกว่า bunching lettuce/loose-leaf (สลัดใบหรือผักกาดหอมไม่ห่อหัว) สายพันธุ์นี้จะมีลำต้นสั้นและใบเป็นกระจุกมีใบเป็นจำนวนมาก ลักษณะรูปร่างและสีต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมากว่าสายพันธุ์อื่นๆ โดยเฉพาะที่มีใบสีเขียวอ่อน เช่น พันธุ์ Black seed Simpson และ Grand Rapid เป็นต้น

2.1.2 ผักกาดหอมชนิดห่อหัวแข็งและแน่น (Crisp-head) บางครั้งเรียกว่า head lettuce หรือ iceberg type (สลัดปลี ผักกาดหอมห่อ ผักกาดแก้ว หรือสลัดแก้ว) มีใบขนาดใหญ่น้ำหนักมาก ใบในจะม้วนและซ้อนคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็งกรอบกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ใบนอกจะมีสีเขียวเข้ม ใบข้างในสีเหลืองปนขาว ทนต่อการขนส่ง

2.1.3 ผักกาดหอมชนิดห่อหัวหลวมใบเป็นมัน (Butterhead) บางครั้งเรียก bibb หรือ Boston lettuce คือ สลัดกึ่งห่อหรือสลัดบัตเตอร์ ใบมีลักษณะอ่อนและนิ่ม ห่อปลีหลวม ใบข้างในจะมีลักษณะคล้ายน้ำมันหรือเนยจับที่ผิวใบ การปลูกในฤดูหนาวจะให้หัวขนาดใหญ่ และหัวแน่นมากกว่าฤดูร้อน

2.1.4 ผักกาดหอมชนิดห่อหัวปลีตั้งขึ้น (Cos หรือ Romaine) ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อมีสีเขียวเข้ม เนื้อใบหนามีเส้นใบนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบข้างในจะมีปลายโค้งเข้าข้างในทำให้หัวมีลักษณะยาว

2.1.5 ผักกาดหอมชนิดต้น (Stem) บางครั้งเรียกว่า asparagus หรือ celtuce มีลักษณะลำต้นสูง ใบจะเรียวยาว เจริญติดๆ กันขึ้นไปจนถึงช่อดอก อาจจะทยอยเก็บเกี่ยวโดยเริ่มจากใบล่าง เหมาะสำหรับใช้เป็นพืชผักสวนครัว ลำต้นสามารถนำไปประกอบอาหาร และแปรรูปได้ (นิพนธ์, 2551)

**2.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยวของผัก**

กระบวนการต่างๆ ทั้งทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับในสภาวะที่ยังไม่ได้ถูกเก็บเกี่ยว โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตผล การเปลี่ยนแปลงบางอย่างทำให้คุณภาพของผลิตผลดีขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงในบางลักษณะกลับทำให้คุณภาพของผลิตผลเลวลง เมื่อผลิตผลถูกเก็บเกี่ยวมาแล้วผลิตผลยังคงมีชีวิตอยู่และยังคงมีการหายใจเช่นเดียวกับสภาวะที่ยังไม่ได้ถูกเก็บเกี่ยว การหายใจเป็นกระบวนการซึ่งยังคงเกิดขึ้นตลอดเวลาภายในเซลล์ผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเผาผลาญสารอาหารต่างๆ ให้ได้เป็นพลังงานออกมาและนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์ (สายชล, 2528)

อัตราการหายใจของผักขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของผักในขณะเก็บเกี่ยว โดยผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโต เช่น หน่อไม้ฝรั่ง มีอัตราการหายใจค่อนข้างสูงเพราะต้องใช้พลังงานในการเสริมสร้างส่วนต่างๆ ขณะที่ผลิตผลอยู่ในระหว่างการพักตัว เช่น มันฝรั่ง มีอัตราการหายใจต่ำมาก (จริงแท้, 2549) นอกจากนี้ผลิตผลแต่ละชนิดที่เก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะมีอัตราการหายใจแตกต่างกันด้วย เช่น ที่อุณหภูมิ 0 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส กระเทียมต้นมีอัตราการหายใจเท่ากับ 16 29 68 และ 117 มิลลิกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ อัตราการหายใจของผลิตผลเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ โดยผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักมีอายุสั้นกว่าผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำ (สายชล, 2528; Ryall and Lipton, 1978) การหายใจของสิ่งมีชีวิตเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่อาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่ง และใช้ออกซิเจนออกซิไดซ์น้ำตาลให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และมีพลังงานจำนานหนึ่งออกมาด้วย พลังงานที่เกิดจากกระบวนการหายใจอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่สะสมอยู่ที่แขนที่ 3 ของ adenosine triphosphate หรือ ATP ซึ่งเมื่อแขนนี้ถูกไฮโดรไลซ์ จะให้พลังงานซึ่งใช้ในกระบวนการต่างๆ ตลอดจนใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช (ดนัย, 2540) การหายใจจึงเป็นส่วนหนึ่งของความร้อนที่เกิดขึ้นในผลิตผล

**2.4 แหล่งที่มาของความร้อนในผักและผลไม้**

ผักและผลไม้ เมื่อตัดออกจากต้นยังคงมีชีวิตอยู่ และมีอุณหภูมิสูงเท่ากับอุณหภูมิของอากาศหรือสภาพแวดล้อมขณะที่ทำการเก็บเกี่ยว ความร้อนที่ติดมากับผักและผลไม้จากแปลงปลูก เรียกว่า field heat เมื่อขนย้ายผักหรือผลไม้มากองรวมกันไว้ถ้าอากาศผ่านเข้าไม่สะดวก จะทำให้ความร้อนที่คายออกมาจากผักหรือผลไม้ (vital heat) รวมกับ field heat ถูกสะสมอยู่ภายในทำให้อุณหภูมิของผักและผลไม้สูงขึ้นจะไปเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ของผักและผลไม้ให้เกิดขึ้นเร็วขึ้นอีก มีผลทำให้คุณภาพของผักและผลไม้ลดลงมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการ

ลดอุณหภูมิของผักและผลไม้ให้ต่ำลง เพื่อทำให้ผักมีอุณหภูมิลดต่ำลงให้เร็วที่สุดและมากที่สุด เมื่อผักและผลไม้มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง เช่น การหายใจช้าลง การคายน้ำช้าลง. การทำลายจากเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง อัตราการเสื่อมสลายช้าลงเป็นการลดการสูญเสียทำให้เพิ่มอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

**2.5 สาเหตุของการสูญเสีย (นิธิยาและดนัย, 2535)**

ความเสียหายแปรผันไปตามฤดูกาลซึ่งพบมากในเมืองไทย แต่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา มีอัตราการสูญเสียอันเนื่องมาจากการขนส่งประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในฤดูหนาวจะมีอัตราความสูญเสียน้อยกว่าในฤดูฝน สาเหตุของความสูญเสียที่สำคัญของผักกาดหอม คือ

2.5.1 อาการปลายใบไหม้ (Tip Burn) เป็นปัญหาที่รุนแรงมาก โดยมีลักษณะที่สำคัญ คือใบอ่อนที่กำลังเจริญเติบโตมักแสดงอาการในช่วงเข้าหัว ทำให้ใบอ่อนแสดงอาการปลายใบไหม้ ถูกห่ออยู่ภายใน บางกรณีอาการจะแสดงในระยะที่หัวเกือบจะแก่ โดยปลายใบแสดงอาการไหม้เป็นสีน้ำตาล ซึ่งแผลจะไม่ขยายขนาดขึ้น โดยในระยะเริ่มต้นนั้นเส้นใบตรงปลายจะมีสีคล้ำ ซึ่งอาจจะเกิดจากการขยายตัวและเกิดจากการแตกของท่อยาง ทำให้ยางไหลออกมาสู่ภายนอก ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นถูกทำลาย และกลายเป็นสีน้ำตาล สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการปลายใบไหม้นั้นยังไม่ทราบแน่ชัด แต่อาจเกิดจากการที่ใบขาดแคลเซียม เพราะพบว่าในใบที่แสดงอาการปลายใบไหม้จะมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าใบปกติ นอกจากนั้นยังคาดว่าอาจเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำไม่พอเพียงหรือไม่สมดุลกับการคายน้ำ และไม่สมดุลของฮอร์โมนพืช

2.5.2 โรคเน่าเละ (Soft Rot) เกิดจากเชื้อแบคทีเรียทำให้เกิดอาการเน่าและมีกลิ่นเหม็น เชื้อแบคทีเรียมักเข้าทำลายทางแผล ซึ่งเกิดจากการหัก การช้ำของใบ หรืออาการที่ผักแสดงอาการปลายใบไหม้ วิธีป้องกันที่ดีที่สุด คือ หลีกเลี่ยงการขนส่งหรือเก็บรักษาผักที่หัก ช้ำ หรือมีแผล และอย่าขนส่งผักที่เปียกน้ำ

2.5.3 การหัก การช้ำของใบ เช่น ก้านใบหัก ช้ำ เกิดจากการที่ผักกาดหอมชั้นกลางถูกทับระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้ยังพบความสูญเสียในแปลงปลูกผัก เช่น อาการใบจุด ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. อาการเหี่ยวซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. และอาการโคนเน่าซึ่งเกิดจากเชื้อ *Sclerotinia* sp.

**2.6 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการสูญเสียของผลิตผล (จริงแท้, 2538)**

ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผล

การคายน้ำ พืชและผลิตผลสดต่างๆ ต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมักมีอยู่สูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงมีสูญเสียออกจากผลิตผลตลอดเวลา การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้ลดลงแล้วยังทำให้รสชาติของผลิตผลลดลงด้วย โดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวย่นไม่เป็นที่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค

การหายใจ เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานสะสมในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตเอาไว้ และปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา นอกจากนี้ การหายใจยังให้ความร้อนออกมาซึ่งความร้อนนี้จะช่วยกระตุ้นให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เกิดได้เร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วตามไปด้วย

การผลิตเอทิลีน เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชและผลิตผลค่อนข้างมาก โดยปกติปริมาณการผลิตเอทิลีนในผลิตผลมีน้อยแต่เมื่อผลสุกหรือเมื่อผลิตผลถูกกระทบกระเทือน เช่น การเกิดบาดแผล การสัมผัสความเย็นจะมีการสร้างเอทิลีนขึ้นเป็นจำนวนมากและเอทิลีนจะไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ให้เกิดขึ้นได้ เช่น กระบวนการสุก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และการหลุดร่วงของดอกและใบ ดนัย (2540) รายงานว่า การเกิดลักษณะผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นกับผักกาดหอมห่อ โดยเกิดจุดสีน้ำตาลแดงขึ้นที่ก้านมีสาเหตุจากการที่ได้รับเอทิลีนมากเกินไป กระบวนการเสื่อมสภาพของผักกาดหอมห่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว เช่น เหี่ยว เหลืองและใบเน่า ผักกาดหอมห่อไม่มีการพักตัวตามธรรมชาติ เพราะผักกาดหอมห่อถูกเก็บเกี่ยวในขณะที่ยังเจริญเติบโตอยู่ยังไม่แก่เต็มที่

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ของพืชมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสร้างหรือเสื่อมสลายของสารสี (pigment) การเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล การเพิ่มขึ้นของปริมาณลิกนิน (lignin) ในผลิตผลที่มีเส้นใยมาก

การพัฒนาและการเจริญเติบโตของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ผลิตผลบางชนิดเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วยังมีการพัฒนา มีการเจริญเติบโตให้เห็นได้ชัดเจน การงอกของมันฝรั่ง มันเทศ หอม และกระเทียม การเจริญดังกล่าวต้องใช้อาหารที่สะสมอยู่จึงทำให้ผลิตผลเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น

ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผล

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว เพราะอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผลทุกอย่าง และมีผลต่อปัจจัยอื่นๆ ภายนอกด้วย ซึ่งอุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ของผลิตผลให้เกิดเร็วขึ้น ดังนั้นการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ภายในผลิตผลก็เกิดขึ้นเร็ว ทำให้ผลิตผลเสียหายได้ง่าย แต่ถ้าหากอุณหภูมิต่ำก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะกับผลิตผลในเขตร้อนอาจเกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขึ้นได้

ความชื้นในบรรยากาศ เป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกำหนด อัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผล ในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงจะช่วยกระตุ้นให้เชื้อราบางชนิดที่อาศัยอยู่บนผิวของผลิตผลสามารถเจริญเติบโตได้ดี ทำให้ผลิตผลเน่าเสียได้ง่ายจึงต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นให้พอเหมาะไม่ให้มีการสูญเสียน้ำมากไป

องค์ประกอบของบรรยากาศ การเก็บรักษาผลิตผลถ้ามีปริมาณออกซิเจนต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ แต่ถ้าออกซิเจนน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) ทำให้ผลิตผลเสียหายได้ คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการหายใจเช่นเดียวกัน หากมีการสะสมมากเกินไปอาจทำให้เกิดอาการผิดปกติในการหายใจ และทำให้ผลิตผลสูญเสียได้เช่นกัน

แสง การเก็บรักษาผักรับประทานใบในสภาพที่มีแสงจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เพราะการสังเคราะห์แสงยังคงเกิดขึ้น

โรคและแมลง ผลิตผลทางพืชสวนยังมีโรคและแมลงเข้ามารบกวน ส่วนใหญ่แล้วการเข้าทำลายของศัตรูเหล่านี้มักเกิดขึ้นในแปลงปลูก แต่เนื่องจากผลิตผลมีความต้านทานโรคอยู่จึงไม่แสดงอาการผิดปกติออกมา จนกระทั่งเมื่อผลิตผลเริ่มเสื่อมสภาพ เช่น เมื่อมีการสุกเกิดขึ้นความต้านทานต่อโรค ต่างๆ จะลดลง เชื้อจุลทรีย์ที่แอบแฝงอยู่ก่อนแล้วก็จะเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว การป้องกันกำจัดควรจะทำตั้งแต่อยู่ในแปลง ซึ่งต้องอาศัยวิธีการต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยวเข้าช่วยด้วย

**2.7 ข้อเสียที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลมีอุณหภูมิสูง (ดนัย และนิธิยา, 2535)**

2.7.1 ทำให้อัตราการหายใจสูง การใช้สารอาหารในผลิตผลมีอัตราสูงขึ้นด้วยส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารอาหารที่พืชสะสมไว้ ถ้าเป็นผลไม้จะเร่งให้เกิดการแก่ การสุก และการเสื่อมสลายเร็วขึ้น ซึ่งการเก็บรักษาผักกาดหวานโดยที่มีบาดแผลเกิดขึ้นส่งผลให้เกิดสภาวะเครียด โดยเนื้อเยื่อเหล่านี้สามารถปลดปล่อยสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์พืชและอาจทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น (elictor) ต่อเซลล์ใกล้เคียง ซึ่งเนื้อเยื่อที่อยู่ใต้รอยบาดแผลจะยังคงสภาพเดิมแต่อยู่ภายใต้สภาวะเครียด เช่น เกิด

การสูญเสียน้ำ และอาจก่อให้เกิดการสร้างสัญญาณบาดแผล (wound signal) ขึ้นได้ซึ่งเนื้อเยื่อที่อยู่ไกลออกไปจะไม่ได้รับผลโดยตรงจากบาดแผล แต่สามารถรับและตอบสนองต่อสัญญาณที่สร้างขึ้นได้ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของยีน เป็นสาเหตุทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนและผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเพื่อไปกระตุ้นกระบวนการสมานแผลภายในเซลล์พืช ได้แก่ การสะสมลิกนิน โดยการสังเคราะห์ลิกนินต้องอาศัยผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการหายใจเพื่อนำไปใช้เป็นสารตั้งต้น (จริงแท้, 2549; Albeles *et al.*, 1992)

2.7.2 ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเมื่อนำผลิตผลไปผ่านขั้นตอนการลดความร้อนทันทีหลังการเก็บเกี่ยวจะทำให้เกิดการเน่าเสียช้าลง ถ้าหากไม่ลดความร้อนให้ผลิตผลมีอุณหภูมิต่ำผลิตผลจะเน่าเสียได้อย่างรวดเร็ว

2.7.3 เกิดการสูญเสียน้ำ ผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะมีอัตราการคายน้ำสูงและจะสูญเสียน้ำได้รวดเร็วมาก ยกเว้นในกรณีที่บรรยากาศมีความชื้นอิ่มตัว ถ้าความชื้นหรือปริมาณไอน้ำในอากาศแตกต่างกับในเนื้อเยื่อของพืชมากจะทำให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำมากด้วย

2.7.4 ผลต่อก๊าซเอทิลีน การสังเคราะห์เอทิลีนจะเกิดได้มากขึ้นเมื่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วจะช่วยให้อัตราการสังเคราะห์เอทิลีนลดลงด้วย ทำให้ผลิตผลเข้าสู่กระบวนการเสื่อมสลายช้าลง

**2.8 วิธีการลดอุณหภูมิแบบต่างๆ**

วิธีการลดอุณหภูมิเฉียบพลันสามารถปฏิบัติได้หลายวิธี ดังนี้

2.8.1 การลดอุณหภูมิโดยใช้อากาศเป็นตัวกลาง (Air Cooling) เป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลาง คือ อากาศ เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนเกิดทั้งการนำและการพา ซึ่งวิธีการทำให้เย็นโดยใช้ลมนี้ยังสามารถปฏิบัติได้อีกหลายวิธี อาทิเช่น

2.8.2 การลดอุณหภูมิโดยใช้อากาศเย็น (Room Cooling) เป็นการใช้ห้องเย็นเป็นห้องสำหรับลดอุณหภูมิของผักและผลไม้ วิธีนี้จะมีความเร็วในการลดอุณหภูมิค่อนข้างต่ำเพราะอากาศเย็นไหลหมุนเวียนรอบๆ ภาชนะบรรจุเท่านั้น การเพิ่มการไหลเวียนของอากาศหรือปรับลมออกจากเครื่องทำความเย็นให้ตรงกับตำแหน่งของภาชนะบรรจุผักและผลไม้ให้มากที่สุดจะช่วยลดอุณหภูมิเร็วขึ้นส่วนภาชนะบรรจุผลิตผลควรมีช่องระบายอากาศเพื่อให้เวลาของการทำความเย็นสั้น

2.8.3 การลดอุณหภูมิโดยการผ่านอากาศเย็น ( Forced-Air Cooling) เป็นการลดอุณหภูมิโดยการเป่าอากาศเย็นเข้าไปในท่อ (tunnel) มีลักษณะยาวและแคบ ความดันของอากาศทางด้านหน้าและด้านหลังของอากาศไหลผ่านช่องว่างระหว่างภาชนะบรรจุแตกต่างกัน อากาศไหลผ่านช่องว่างระหว่างภาชนะและแทรกตัวเข้าไปตามรูด้านล่างของกล่องภาชนะบรรจุพาความร้อนออกไปจาก

ผลิตผล อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ประมาณ 0-3 องศาเซลเซียส อากาศหมุนเวียนด้วยความเร็วสูง โดยทั่วไปผลิตผลบรรจุในกล่องเรียบร้อยแล้วจะถูกนำเข้าไปในห้องเย็นเป็น 2 แถวชิดฝาผนัง เว้นที่ตรงกลาง จัดให้มีพัดลมดูดอากาศออกจากห้องโดยตรงแต่จะต้องถูกดูดอากาศผ่านผักผลไม้ก่อน วิธีการเช่นนี้สามารถทำให้ผักและผลไม้เย็นลงอย่างรวดเร็ว และวิธี forced-air cooling นี้เหมาะสำหรับผลิตผลที่บอบบาง ใช้น้ำในการทำให้เย็นไม่ได้ เช่น เห็ด สตรอเบอรี่ หรือผลิตผลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว และสามารถใช้ได้ผลดีในกรณีที่ผลิตผลมีไม่มากนัก นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ของวิธีนี้ยังมีข้อจำกัด เพราะถ้าหากไม่หยุดหรือลดการหมุนเวียนของอากาศจะทำให้ผลิตผลสูญเสียน้ำมากขึ้น

2.8.4 การลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง (Hydro-Cooling) เป็นการลดความร้อนโดยใช้น้ำเย็น เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนสูงและเป็นตัวนำความร้อนที่ดี จึงสามารถใช้เป็นตัวกลางในการทำให้ผลิตผลเย็นลงได้ดีกว่าการใช้อากาศ วิธี Hydro-cooling สามารถลดอุณหภูมิได้เร็วกว่าวิธีอื่นๆ และใช้ได้ผลดีกับผักใบช่วยทำให้ผักมีเนื้อสัมผัสและความสดดีขึ้น แต่ต้องขึ้นอยู่กับการสัมผัสระหว่างผลิตผลกับน้ำต้องให้มากที่สุด และน้ำจะต้องเย็นเท่าที่จะเย็นได้โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียกับผลิตผล นอกจากนี้การไหลเวียนของน้ำต้องมากพอที่จะสัมผัสกับผลิตผลได้อย่างทั่วถึงและสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำได้อย่างคงที่ ซึ่งในทางปฏิบัติการทำ Hydro-cooling มีวิธีการทำหลายแบบ ดังนี้

2.8.4.1 การปล่อยน้ำเย็นไหลผ่าน (Flooding) เป็นวิธีที่ใช้การปล่อยน้ำเย็นให้ไหลผ่านผลิตผลที่บรรจุในภาชนะเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะเคลื่อนที่ตามสายพานหรือรางเลื่อนผ่านกระแสน้ำที่เป็นแบบ cooling water tunnel

2.8.4.2 การพ่นน้ำเย็น (Spraying) เป็นการพ่นน้ำเย็นออกมาจาก sprinkler ที่อยู่ด้านบนเป็นน้ำฝอยๆ หรืออาจทำเป็นอุโมงค์ให้ผลิตผลไหลผ่าน

2.8.4.3 การจุ่มน้ำเย็น (Immersion) เป็นวิธีการจุ่มภาชนะที่บรรจุผลิตผลแล้วลงในถังน้ำเย็น อาจเป็นถังแช่น้ำแข็งก็ได้ส่วนระยะเวลาที่จุ่มจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้

การทำ hydro-cooling ช่วยลดอุณหภูมิของผลิตผลได้อย่างรวดเร็ว น้ำที่ใช้ควรเติมคลอรีนลงไปด้วยเพื่อทำให้น้ำสะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ แต่ต้องการควบคุมให้มีการหมุนเวียนของน้ำไหลผ่านผิวของผลิตผลอย่างเพียงพอ และอุณหภูมิของน้ำต้องไม่ต่ำเกินไปเพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลได้

2.10.5 การลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำแข็งเป็นตัวกลาง (Ice cooling) เป็นการลดความร้อนโดยใช้น้ำแข็งโดยการบดเป็นก้อนเล็กๆ เพื่อทำให้ผลิตผลเย็นลงโดยตรง เป็นวิธีที่ใช้เฉพาะในกรณีที่ไม่มีเครื่องทำความเย็นแต่ประสิทธิภาพในการทำให้เย็นลงนั้นไม่ดีนัก เนื่องจากน้ำแข็งไม่สามารถเข้า

สัมผัสผลิตผลได้ทั่วถึง แต่ถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพในการลดความร้อนโดยใช้น้ำแข็งดีขึ้นควรใช้ร่วมกับน้ำเพราะน้ำจะเป็นตัวพาน้ำแข็งให้ไปสัมผัสผลิตผลมากขึ้น

2.10.6 การลดอุณหภูมิโดยใช้สุญญากาศ (Vacuum Cooling) เป็นกระบวนการลดอุณหภูมิภายใต้สภาพที่มีความดันต่ำ โดยดูดอากาศออกจากห้องลดอุณหภูมิ เมื่อความดันบรรยากาศลดต่ำลงแล้วน้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ซึ่งการเปลี่ยนสถานะนี้จะอาศัยพลังงานความร้อนที่อยู่ภายในผลิตผลนั้นเองส่งผลให้ผลิตผลมีอุณหภูมิลดต่ำลง ผลิตผลที่มีพื้นที่ผิวมาก จำพวกผักบริโภคใบสามารถคายความร้อนออกไปได้มากด้วยวิธีนี้ และลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว แต่ในผลิตผลที่มีลักษณะเป็นผลหรือหัว มีพื้นที่ผิวน้อย จำพวกมะเขือเทศ และมันฝรั่งวิธีนี้อาจไม่เหมาะสม เนื่องจากมีพื้นที่ที่จะให้มีการเปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นไอมีน้อย แต่อย่างไรก็ตามปริมาตรของน้ำที่ระเหยออกจากผลิตผลด้วยวิธีนี้จะมากเป็น 200 เท่าของการสูญเสียโดยวิธีอื่นๆ ซึ่งทำให้ผลิตผลเย็นลงอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ การลดความร้อนโดยวิธีนี้ผลิตผลจะสูญเสียน้ำประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ต่ออุณหภูมิที่ลดลงทุกๆ 6 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง (ดนัยและนิธิยา, 2535) จากการศึกษาของ He *et al.*, (2004) พบว่า การลดอุณหภูมิผักกาดหอมห่อด้วยระบบสุญญากาศ พบว่า การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศช่วยรักษาความกรอบของผักกาดหอมห่อ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

**2.9 หลักการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ (Sun and Zheng, 2005)**

2.9.1 นำผักเข้าสู่ห้องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ (vacuum chamber)

2.9.2 เปิดสวิตซ์เครื่องปั๊มสุญญากาศรอให้ความดันลดลงจนถึงความดันอิ่มตัวที่เท่ากับอุณหภูมิเริ่มต้นของผัก การระเหยเริ่มต้นมักจะใช้เวลาประมาณ 7-10 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดของ vacuum chamber และประสิทธิภาพของปั๊มสุญญากาศ

2.9.3 เมื่อความดันใน vacuum chamber อยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงานโดยความดันจะถูกกำหนดด้วย flash point ปั๊มสุญญากาศจะดูดอากาศออกแต่ยังไม่ทำความเย็น

2.9.4 เมื่อใกล้ถึงจุด flash point น้ำจะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ และถูกดูดออกโดยปั๊มสุญญากาศหรือเกิดการควบแน่น ส่งผลให้ความดันภายในลดลง ดังนั้นการระเหยของน้ำจะเกิดขึ้น การลดอุณหภูมิจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ กระบวนการจึงสิ้นสุดลง

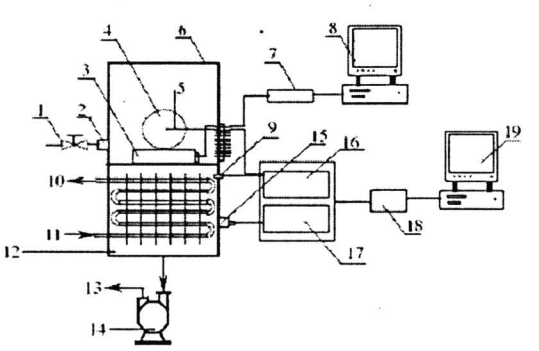
2.9.5 เมื่อกระบวนการสิ้นสุดลงวาล์วระบายอากาศจะเปิดออก และอากาศจะไหลผ่านเข้าสู่ vacuum chamber ผักจะถูกนำออกมาจาก vacuum chamber และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเหมาะสม

ในระหว่างการลดอุณหภูมิ พืชผักบริโภคใบจะสูญเสียน้ำร้อยละ 1.5-4.7 หรือประมาณร้อยละ 1 ต่ออุณหภูมิที่ลดลง 6 องศาเซลเซียส วิธีนี้จะทำให้น้ำระเหยออกจากผักอย่างรวดเร็ว ผักบางชนิดอาจจะเหี่ยว เนื่องจากสูญเสียน้ำมากถ้าหากใช้เวลานานเกินไป ดังนั้นก่อนนำผักเข้าลดอุณหภูมิจะต้องใช้น้ำเย็นฉีดพ่นให้เปียก หลังจากลดอุณหภูมิจำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและขนส่งโดยใช้รถห้องเย็น

**2.10 ส่วนประกอบของเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ**

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศมีความแตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่างขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปส่วนประกอบพื้นฐานเหมือนกันซึ่งประกอบด้วย

- Vacuum Chamber เป็นส่วนที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลดอุณหภูมิ ซึ่งจำเป็นต้องมีลักษณะปิดสนิทตลอดกระบวนการ เพื่อให้ภายใน chamber สามารถรักษาลักษณะสุญญากาศไว้ได้
- Vacuum Pump เป็นส่วนที่ใช้ในการดูดอากาศภายใน vacuum chamber ออกเพื่อทำให้ภายใน chamber มีลักษณะเป็นสุญญากาศ ซึ่งนิยมใช้ oil-sealed rotary pump
- Vapour Condenser เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมน้ำที่ระเหยออกมาจากผลิตภัณฑ์ให้กลับไปเป็นน้ำโดยจะทำการติดตั้งไว้ใน vacuum chamber และได้มีส่วนประกอบอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งได้แสดงในภาพที่ 2.1




(1) bleeding valve; (2) solenoid valve; (3) weight sensor; (4) sample; (5) thermal couple; (6) vacuum chamber; (7) power and displayer of electronic balance; (8) microcomputer for collecting mass data; (9) thermal couple for measuring temperature of cold trap; (10) coolant outlet; (11) coolant inlet; (12) condenser; (13) inerts; (14) pump; (15) pressure sensor; (16) temperature controller; (17) pressure controller; (18) I-7018P module; (19) microcomputer for collecting temperature and pressure datas system

**ภาพที่ 2.1** ส่วนประกอบของเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ

**ที่มา:** Su-Yan He and Yun-Fei Li, 2008

**2.11 ประโยชน์ของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ (Macdonald and Sun, 2000)**

2.11.1 การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิสั้นกว่าวิธีอื่นๆ เช่น การใช้อากาศเย็น หรือการแช่ในน้ำเย็น โดยทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากตัวผลิตผลไปยังผิวภายนอกโดยใช้ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอทำให้ผลิตผลมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว

2.11.2 สามารถลดอุณหภูมิผลิตผลได้ในปริมาณที่มากต่อครั้ง และใช้ได้กับผลิตผลที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ โดยไม่ต้องคำนึงถึงการหมุนเวียนของอากาศ ชนิดของภาชนะบรรจุ หรือตัวกลางในการลดอุณหภูมิผลิตผลลงอย่างรวดเร็ว

2.11.3 เนื่องจากเป็นการลดอุณหภูมิที่เกิดจากภายในผลิตผลทำให้ได้ผลิตผลที่มีคุณลักษณะเดียวกัน (uniform) หลังจากผ่านการลดอุณหภูมิโดยสุญญากาศแล้ว

2.11.4 สามารถกำจัดน้ำส่วนเกินที่ติดอยู่บริเวณผิวของผลิตผลที่ไม่ต้องการ ทำให้ป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้

2.11.5 การลดอุณหภูมิโดยสุญญากาศ เป็นการลดอุณหภูมิที่ผลิตผลไม่มีการเคลื่อนที่ ทำให้สามารถลดความเสียหายทางกลของผลิตผลได้

2.11.6 การลดอุณหภูมิโดยระบบสุญญากาศมีอัตราเร็วในการลดอุณหภูมิ เร็วกว่าวิธีอื่นๆ โดยสามารถลดอุณหภูมิได้ 0.5 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลิตผล เช่น chilling injury หรือ surface freezing ที่พบในการลดอุณหภูมิวิธีอื่นๆ โดยใช้อัตราเร็วในการลดอุณหภูมิที่เร็วกว่าวิธีอื่นๆ

2.11.7 สามารถควบคุมอุณหภูมิของผลิตผลได้อย่างแน่นอนโดยการกำหนดความดันที่เหมาะสม การใช้เวลาในการลดอุณหภูมิสั้นทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นได้

2.11.8 การลดอุณหภูมิโดยสุญญากาศอาจมีต้นทุนในการลงทุนสูงกว่าการลดอุณหภูมิโดยวิธีอื่นๆ แต่ในการดำเนินงานแต่ละครั้งพบว่ามีต้นทุนและค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิสั้นกว่าวิธีอื่นๆ (Sun and Zheng, 2006)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ข้อดีและข้อเสียของการใช้กระบวนการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศต่อผลิตผลทางการเกษตร

| ชนิดของผลิตผล | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|---|
| ไม้ตัดดอก<br>(Cut flower) | - สามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกแดฟโฟดิล (daffodil) และดอกลิลลี่<br>- เหมาะสำหรับลดอุณหภูมิที่ติดมาจากความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก<br>- สามารถลดอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว<br>- สามารถเก็บรักษาดอกไม้ได้นานและสะดวกในขณะที่มีการขนส่งด้วยรถคอนเทนเนอร์ | - ส่วนใหญ่ใช้ได้ดีกับผักใบ<br>- มีการสูญเสียความชื้นเนื่องจากการลดอุณหภูมิมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด |
| ผักและผลไม้<br>(Fruit and vegetables) | - ยืดอายุการวางจำหน่าย เช่น ผักกาดหอมห่อ<br>- ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตผล เนื่องจากสามารถควบคุมการพ่นน้ำลงบนผลิตผลระหว่างการลดอุณหภูมิ | - เมื่อลดอุณหภูมิเห็ดโดยใช้ระบบสุญญากาศทำให้มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าวิธี air blast chilling<br>- ทำให้เห็ดเกิดการเปลี่ยนสีและคุณภาพต่ำลง<br>- ใช้ได้ดีกับผักใบ<br>- เศษผักหรือผลิตผลที่มีขนาดเล็กผ่านเข้าไปในปั๊มดูดอากาศก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบการทำงานได้ |
| ผลิตภัณฑ์จำพวกปลา<br>(Fishery product) | - สามารถลดอุณหภูมิของเนื้อปลาทูน่าให้ถึงอุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส | - มีการใช้อย่างจำกัดภายในระบบอุตสาหกรรม เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง |

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 6 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 246567
เลขเรียกหนังสือ

| ชนิดของผลิตผล | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|---|
| อาหารพร้อมบริโภค (Ready meal) | - ใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค<br>- ระบบจะทำให้ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคอุณหภูมิต่ำลงอย่างรวดเร็วเมื่อผ่านความร้อนแล้วเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร<br>-ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีการห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้สัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง | - ควรมีการตรวจสอบความปลอดภัยของระบบ เนื่องจากในระหว่างการดำเนินงาน ระบบมีช่วงของการใช้ความดันที่สูงและต่ำ อาจมีผลต่อเครื่องจักรต่างๆ<br>- ระบบสุญญากาศเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ขนาดเล็กผ่านไปอุดตันท่อได้ ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อระบบการทำงาน<br>- มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง |

ที่มา: McDonald and Sun (2000)

**2.12 องค์ประกอบของคุณภาพ (จริงแท้, 2538)**

คุณภาพของผักและผลไม้อาจแยกได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

**2.13.1 ลักษณะภายนอก (External characteristic หรือ Appearance)** ได้แก่

- รูปร่าง (Shape, Dimension) รูปร่างของผักที่ดีจะต้องมีรูปร่างตรงตามพันธุ์ มีความสวยงาม
- ขนาด (Size) ขนาดของผักและผลไม้จะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค
- สี (Color) สีที่ดีของผลิตผลควรเป็นสีธรรมชาติของผลิตผลนั้นๆ ซึ่งสีของผักผลไม้นั้นจะเป็นสิ่งสำคัญในการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค

ในการวิเคราะห์คุณภาพของผักและผลไม้ตามสีอาจทำได้โดยการเทียบกับแผ่นสีมาตรฐาน เช่น แผ่นสีมาตรฐานของ The Royal Horticultural Society, London หรือ วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี หรืออาจใช้การวิเคราะห์ทางเคมี เช่น หาปริมาณคลอโรฟิลล์

- ความเป็นมันเงา (Gloss) ผิวของผักและผลไม้ชั้นนอกสุดจะมี cuticle ปกคลุมอยู่ซึ่งชั้นนอกสุดของ cuticle ประกอบด้วยแวกซ์ (wax) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถ้ามีอยู่มาก เช่น ตอนที่ผลไม้มีความบริบูรณ์เต็มที่ ทำให้เป็นนวลสีขาวบนผิวของผลไม้หลายชนิด
- ตำหนิ (Defect) เช่น รอยบาดแผล รวมไปถึงแผลที่เกิดจากการเสียดสี แรงกระทบ ความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของแมลง หรือสารเคมีที่ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชสิ่งเหล่านี้ถ้าหากเกิดขึ้นกับผักและผลไม้อาจทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

**2.13.2 ลักษณะภายใน (Internal characteristic หรือ Appearance)**

- รสชาติ ประกอบด้วยรส (flavor) และกลิ่น (aroma) ซึ่งรสชาติของผลิตผลแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตผลแต่ละอย่างจึงแตกต่างกัน และต้องใช้การชิมเป็นสิ่งสุดท้ายในการตัดสินคุณภาพ ซึ่งมาจากสารประกอบหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล สารประกอบไนโตรเจน วิตามินซีและคลอโรฟิลล์ เป็นต้น (Velioglu *et al.*, 1998; Shahidi, 1996; Lanfer-marquez et al.,2005)
- เนื้อสัมผัส (Texture) เนื้อสัมผัสของผลิตผลแต่ละชนิดแตกต่างกันไป และหลังจากการเก็บเกี่ยวการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสก็แตกต่างกันด้วย บางชนิดเปลี่ยนจากกรอบเป็นเหนียว บางชนิดเปลี่ยนจากแน่นเป็นนิ่มเละ บางชนิดเปลี่ยนจากเนื้อแห้งเป็นแฉะ เป็นต้น ซึ่งความแน่นเนื้อของผักและผลไม้สามารถทำนายอายุ (วัย) ของผลิตผลนั้นๆ ได้ตามปกติระหว่างการเจริญเติบโตจนกระทั่งผักและผลไม้เกิดความแก่ (ระบบออนไลน์: สมโภชน์, 2537)