บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

ลักษณะทางด้านพฤกษศาสตร์

ลำไย (longan) จัดเป็นไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อนอยู่ในอันดับ Sapindales วงศ์ Sapindaceae ซึ่งพืชที่อยู่ในวงศ์นี้มีถึง 130 สกุลประมาณ 1,100 ชนิด ลำไยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dimocarpus longan* Lour. มีชื่อสามัญ longan, longan หรือ dragon's eye โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้เก่าคือ *Euphoria longana* Lam. นอกจากนี้ยังมีพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกันอีกหลายชนิดได้แก่ ลิ้นจี่ ลำไยเครือหรือลำไยเถา เงาะ เงาะขนสั้น เงาะดิเรกและชัน เป็นต้น

ลำไยพันธุ์ดอหรืออีดอ เป็นลำไยกลุ่มกระโหลก เป็นพันธุ์เบาคือออกดอกและเก็บผลก่อนพันธุ์อื่น ต้นเป็นพุ่มกว้างมน ลำต้นไม่ค่อยแข็งแรง กิ่งเปราะหักง่าย ทนแล้งและทนน้ำได้ปานกลางใบเป็นใบรวม ใบย่อยจะเรียงสลับกัน ออกดอกเป็นช่อ ยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ก้านช่อดอกแข็ง ดอกจริงมีสีขาว หรือสีขาวออกเหลือง ขนาดประมาณ 6-8 มิลลิเมตร แบ่งเป็นดอกเพศผู้ ดอกเพศเมีย และดอกสมบูรณ์เพศทั้ง 3 ชนิด อาจพบในช่อเดียวกัน ออกดอกติดผลง่าย แต่อาจไม่คงที่ ผลมีขนาดปานกลางถึงค่อนข้างใหญ่ หนัก 18.5 กรัม/ผล ทรงผลกลมแป้น เบี้ยวเล็กน้อย ยกบ่าข้างเดียว และบริเวณฐานผล (หัวขั้ว) ปุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางผลส่วนกว้างประมาณ 2.6 เซนติเมตร ส่วนแคบ 2.3 เซนติเมตร ส่วนสูงประมาณ 2.4 เซนติเมตร เปลือกสีเขียวปนน้ำตาล ผลลำไยที่เจริญเติบโตเต็มที่ ส่วนของ pericarp จะมี 3 ชั้น ชั้นนอกสุดหรือ epicarp เป็นชั้นที่มี cuticle ปกคลุม ชั้นนี้ประกอบด้วยเซลล์ของ epidermis และ subepidermal sclerenchyma ชั้นกลางหรือ middle mesocarp ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ parenchyma ชั้นในสุดหรือ inner endocarp เป็นชั้นที่เล็กที่สุด ผนังบาง ประกอบด้วย epidermal cells ที่ไม่มี suberin ปกคลุม pericarp จะมีสีเขียว จนกระทั่งผลเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งช่วงนี้ส่วนของ pericarp จะมีการสังเคราะห์รงควัตถุสีเหลืองขึ้น ผิวผลมีลักษณะเป็นกระหรือตาห่าง ๆ กระสีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลหนา สีขาวขุ่น ค่อนข้างเหนียว ไม่กรอบ มีกลิ่นหอมเล็กน้อย รสหวาน วัด Brix ได้ประมาณ 18% ถ้าปลิดไว้นานความหวานจะลดลง คิดเป็นส่วนเนื้อ 72.9% เมล็ด 14.7% ของน้ำหนักผล เมล็ดโตปานกลาง กลมแบนเล็กน้อย สีดำเป็นมัน ลูกไม่ใหญ่นัก แต่ถ้าปล่อยไว้แก่จัด จุกจะขยายใหญ่แข็งหรือที่เรียกว่าขึ้นหัว (ธวัชชัยและศิวาพร, 2542; วรัต, 2543 และ Jiang *et al.*, 2002)

ดัชนีการเก็บเกี่ยว

ลำไยเป็นผลไม้ชนิด non – climacteric หลังจากที่ทำการเก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วไม่มีการพัฒนาต่อเนื่องไปจนสุก (Paull and Chen, 1987) การเก็บเกี่ยวผลจึงทำเมื่อสีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง – น้ำตาล และเนื้อผลมีคุณภาพเหมาะสมต่อการบริโภค ความแก่ของผลลำไยสามารถตรวจสอบได้จาก

1. ลักษณะทางกายภาพ เช่น น้ำหนักผล ขนาด และการเปลี่ยนสีของเปลือก การนับจำนวนวันหลังดอกบาน

2. ลักษณะทางด้านเคมี เช่น ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด สัดส่วนของน้ำตาลและกรด

การเก็บเกี่ยวผลลำไยในระยะที่ไม่เหมาะสม เช่น อ่อนหรือแก่เกินไปจะมีผลกระทบต่อคุณภาพ เช่น หากเก็บผลอ่อนเกินไป ลำไยจะมีรสหวานน้อย ผลโตไม่เต็มที่ ทำให้ไม่ได้น้ำหนัก ในขณะที่การเก็บเกี่ยวเมื่อแก่เกินไป ผลลำไยขึ้นหัว (หัวจุกโตขึ้น) ความหวานลดลง และเนื้อจะแห้ง ปกติแล้วผลลำไยที่แก่เต็มที่ เปลือกด้านนอกจะเรียบ เปลือกด้านในมีเส้นคล้ายร่างแห เมล็ดสีดำ เพื่อชิมดูมีรสหวาน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะอยู่ในช่วง 16-22 ^{0}Brix (พาวิน, 2543) ส่วนประกอบของผลลำไยระยะเก็บเกี่ยวมีดังนี้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของผลลำไยในระยะเก็บเกี่ยวผล

ส่วนประกอบ	ปีที่ศึกษา	
	1983	1984
เนื้อผล (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	19.80 ± 0.20	16.50 ± 0.70
เปลือกผล (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	35.70 ± 0.60	35.60 ± 0.40
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	20.10 ± 0.10	18.30 ± 0.20
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัม/กรัม)	184.00 ± 7.00	154.00 ± 11.00
ซูโครส (มิลลิกรัม/กรัม)	72.00 ± 15.00	29.00 ± 3.00
กลูโครส (มิลลิกรัม/กรัม)	22.00 ± 17.00	17.00 ± 1.00
ฟรุคโตส (มิลลิกรัม/กรัม)	28.00 ± 17.00	23.00 ± 1.00
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (meq.g^{-1})	2.30 ± 0.10	2.10 ± 0.10
pH	6.20 ± 0.10	6.40 ± 0.10

ตารางที่ 1 (ต่อ) องค์ประกอบของผลลำไยในระยะเก็บเกี่ยวผล

ส่วนประกอบ	ปีที่ศึกษา	
	1983	1984
กรดซิตริก ($meq.g^{-1}$)	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.01
กรดมาลิค ($meq.g^{-1}$)	0.89 ± 0.16	0.35 ± 0.07
กรดซัคซินิค ($meq.g^{-1}$)	1.85 ± 0.19	1.15 ± 0.11
กรดแอสคอร์บิก ($mq.g^{-1}$)	2.00 ± 0.20	1.40 ± 0.20
ปริมาณของฟีนอลทั้งหมด ($mq.g^{-1}$)	0.80 ± 0.10	0.50 ± 0.10

ที่มา Paull and chan, 1987

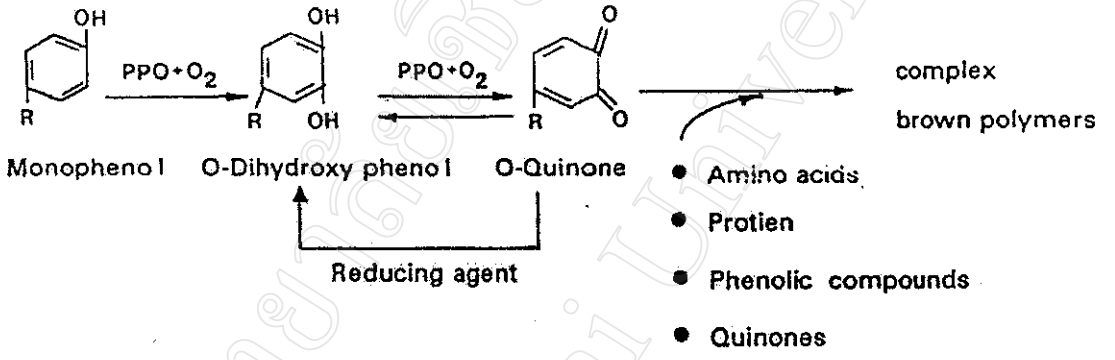
ความเสียหายของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว

1. **การเน่าเสียอันเนื่องมาจากการเจริญของเชื้อราบนผิว ซึ่งเกิดจากเชื้อราหลายชนิด** เช่น *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mucor*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis*, *Paecilomyces*, *Phomopsis*, *Rhizopus*, *Rhizoctonia* และยีสต์ (จริยา และคณะ, 2542) Tongdee (1994) รายงานว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างความเสียหายกับผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวมากที่สุดคือ *Botryodiplodia* sp. นอกจากนี้ Jiang *et al.*, (2001) ยังรายงานเพิ่มเติมว่าเชื้อ *Botryodiplodia* sp. เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลลำไยเกิดโรค stem-rot หรือ black-rot

2. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกเป็นสีน้ำตาล ผลลำไยมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังจากทำการเก็บเกี่ยวได้ไม่กี่วัน การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกเกิดขึ้น เนื่องจากการสูญเสียน้ำ และ/หรือ ความเครียดเนื่องจากการได้รับความร้อน การเสื่อมสภาพ การเกิดอาการสะท้านหนาวและการทำลายโดยโรคและแมลง (Jiang *et al.*, 2002 and Underhill, 1992) ซึ่ง Qu *et al.*, ในปี 2001 อ้างโดย Jiang *et al.*, (2002) รายงานว่า cuticle ที่ปกคลุมส่วนของ pericarp อยู่ มีความหนาน้อยมาก เนื้อเยื่อของเปลือกผลลำไยประกอบด้วยชั้นของ cork ที่ไม่มีการพัฒนา stone cell และ parenchyma cell ที่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ขนาดใหญ่ ในสภาพอุณหภูมิห้องพบว่ามีการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์อย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้เซลล์สูญเสียความสามารถในการกั้นเอนไซม์ เช่น PPO และ substrates

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นการเปลี่ยนสีที่เป็นผลมาจากการที่สารประกอบพวก monophenol ในสภาพที่มีออกซิเจน และเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ถูกเติม hydroxyl groups เกิดเป็นสาร *o* – dihydroxyphenols ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น *o* - quinones สาร (ภาพที่ 1) ควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโนและสารอื่น ๆ โดยไม่ใช้เอนไซม์ แล้วเกิดเป็นสารมีสีที่มีโครงสร้างซับซ้อน (ประสาร, 2538)



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (ประสาร, 2538)

กิจกรรมของ PPO มีความสัมพันธ์กับการเกิดความเสียหายทางกายภาพของผลไม้ โดยอาจเกิดขึ้นจากการชักนำของอาการสะท้านหนาว (chilling injury) การได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป การสูญเสียความชื้น การเสื่อมสภาพของผลไม้ และการเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้โครงสร้างของเซลล์ได้รับความเสียหาย เมื่อโครงสร้างของเซลล์เกิดความเสียหาย เอนไซม์ที่อยู่ตรงบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์และช่องว่างภายในเซลล์ก็จะไหลมาพบกับ substrate เป็นผลให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น (Underhill, 1992) Jiang (1999) รายงานว่า PPO ในเปลือกลำไยมีการทำงานอยู่ในช่วงของ pH 4-7 และอุณหภูมิที่เหมะสมสำหรับการทำงานของ PPO คือ 35 องศาเซลเซียส โดย substrate ที่ PPO เข้ามาจับเพื่อทำปฏิกิริยาด้วยที่เปลือกของลำไยได้แก่ 4-methylcatechol และ catechol

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

เทคนิคในการลดการเกิดสีน้ำตาล ควบคุมการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษาของผลลำไย ประกอบด้วยการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา การควบคุมทางชีวภาพ การฉายรังสี การใช้ความร้อน และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Jiang *et al.*, 2002)

การใช้สารประกอบซัลไฟต์

สารประกอบซัลไฟต์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมและโพแทสเซียม เมตาไบซัลไฟต์ และ โซเดียมและโพแทสเซียมซัลไฟต์ พบว่ามีการใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลทั้งจากเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อ จุลินทรีย์ และใช้เป็นสารฟอกสี (ประสาร, 2538 และ Tongdee, 1993) สารประกอบซัลไฟต์ที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้กับอาหารอย่างปลอดภัย จะมีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดละเอียดสีขาวมีกลิ่นกำมะถันอ่อน ๆ ซึ่งเมื่อละลายน้ำหรือได้รับความชื้น จะแตกตัวให้โมเลกุลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์แตกต่างไปตามชนิดของสารประกอบซัลไฟต์ (รัตนา, 2535) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากเกลือซัลไฟต์ต่าง ๆ

ชื่อสารประกอบ	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)
โพแทสเซียมซัลไฟต์	33.0
โซเดียมซัลไฟต์	50.8
โพแทสเซียมไบซัลไฟต์	53.3
โซเดียมไบซัลไฟต์	61.6
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	67.4
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	57.4

ที่มา : รัตนา, 2535

สำหรับผลลำไย Xu *et al.*, 1998 (อ้างโดย Jiang *et al.*, 2002) พบว่าการแช่ผลลำไยลงในสารละลายของ sodium metabisulfite หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายกรด เป็นวิธีการที่สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลำไยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม sodium

metabisulfite เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซ SO_2 พบว่ามีประสิทธิภาพน้อยกว่ามาก Tongdee (1993) รายงานว่าการรมผลลำไยด้วยก๊าซ SO_2 สามารถช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ขณะที่ปริมาณของซัลเฟอร์ที่ตกค้างอยู่ที่เปลือก 100 ppm ก็เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ผิว นอกจากนี้แล้ว Ketsa and Leelawatana (1992) ยังพบว่าการแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยลงในสารละลายของ H_2SO_4 ที่ pH 0.2 เป็นเวลา 15 นาที สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของผลลิ้นจี่ได้ อย่างไรก็ตามปัจจุบันนี้เนื่องจากบางประเทศได้มีการจำกัดการใช้สารประกอบซัลไฟต์ในอาหาร ประกอบกับผู้บริโภคบางรายเกิดอาการแพ้ต่อสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในอาหาร จึงเป็นเหตุผลที่ต้องมีการหาสารหรือวิธีการอื่น ๆ เข้ามาทดแทนการใช้สารประกอบซัลไฟต์ เนื่องจากสารประกอบซัลไฟต์เป็นสารที่ทำหน้าที่ได้หลายอย่าง การนำสารหรือวิธีการอื่น ๆ เข้ามาทดแทนการใช้สารประกอบซัลไฟต์ จึงต้องเป็นแบบผสมด้วยวิธีการหรือสารหลาย ๆ ชนิด (ประสาร, 2538)

สารฟอกสี (Bleaching Agent)

สารฟอกสีจะเป็นสารที่ให้ปฏิกิริยาในการช่วยฟอกแป้งให้ขาวขึ้น โดยจะไปออกซิไดซ์รงควัตถุต่างๆ ในแป้ง เช่น แซนโทฟิลล์ (xanthopyll) แคโรทีน (carotene) และฟลาโวน (flavone) ที่อยู่ในแป้ง ให้เป็นสารที่ไม่มีสีทำให้แป้งขาวขึ้น ส่วน maturing agents นั้น จะเป็นสารที่ให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเช่นเดียวกัน จะไปช่วยปรับปรุงคุณภาพของโด ทำให้โดมีความคงตัวและความยืดหยุ่นดีขึ้น สามารถให้แก๊สที่เกิดจากการหมักตัวแทรกตัวอยู่ได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มและมีปริมาตรดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก maturing agents จะไปออกซิไดซ์ -SH ในแป้งให้เป็น -S-S linkage ซึ่งเป็นตัวเชื่อมให้เกิดร่างแหโปรตีนขึ้น จึงทำให้โดมีคุณภาพดีขึ้น สารฟอกสีจะให้ปฏิกิริยา maturing ด้วย และในขณะเดียวกัน maturing agents ส่วนใหญ่ก็จะให้ปฏิกิริยาเป็นสารฟอกสีด้วยเช่นกัน แต่ก็มีสารฟอกสี และ mutruing agents บางชนิดที่ให้ปฏิกิริยาที่เป็นแต่สารฟอกสีหรือ maturing ตัวอย่างเช่น อะซีโตนเพอร์ออกไซด์ (acetone peroxide) แคลเซียม เพอร์ออกไซด์ (calcium peroxide) คลอรีน (chlorine) คลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide) แอมโมเนียม เพอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate) แอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride) ส่วนเบนโซอิล เพอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) จะให้ปฏิกิริยาที่เป็นสารฟอกสีเท่านั้น (ศิวาพร, 2535) Saiz *et al.*, (2001) รายงานว่า benzoyl peroxide เป็นสารฟอกสีที่ช่วยทำให้แป้งสาลีมีความขาวขึ้น โดย benzoyl peroxide จะมีการปลดปล่อยอนุมูลอิสระออกมาเร่งให้เกิด oxidation รงควัตถุแคโรทีนอยด์ ทำให้ไม่มีสี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวง

อุตสาหกรรมได้กำหนดให้มีการใช้ ammonium chloride และ benzoyl peroxide ในแป้งสาลีได้ไม่เกิน 600 และ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ศิวาพร , 2535)

สารฆ่าเชื้อและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial Food Preservatives)

ในการถนอมอาหารมักมีการใส่สารกันบูดหรือสารกันเสีย เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้อาหารบูดเน่าเร็วเกินไป โดยสารกันเสียจะไปยับยั้งหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ที่เป็นตัวทำให้อาหารเน่าเสีย สารกันเสียมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด การเลือกใช้สารกันเสียต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับอาหารชนิดนั้นๆ propionic acid หรือเกลือที่เป็นอนุพันธ์ของสารชนิดนี้ ซึ่งได้แก่ calcium propionate และ sodium propionate เป็นสารที่มีประสิทธิภาพมากในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Molina and Giannuzzi , 1999) Davidson and Juneja (1990) รายงานว่าการใช้ propionic acid และ propionate สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรียบางชนิด ประสิทธิภาพของ proionate ขึ้นอยู่กับค่า pH ของอาหารที่ใช้ propionic acid และ propionate ความเข้มข้น 8-12 เปอร์เซ็นต์จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิวของชีสและเนยแข็ง กลไกการทำงานของ propionic acid คือเมื่อเข้าไปในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์แล้วจะแย่งจับกับ alanine และกรดอะมิโนอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาของ Molina and Giannuzzi (1999) ที่ศึกษาถึงความเข้มข้นของ propionic acid (126, 258 และ 516 ppm) และอุณหภูมิ (25, 30 และ 36 องศาเซลเซียส) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของ *Aspergillus parasiticus* พบว่าการใช้ propionic acid ที่ความเข้มข้นสูงสามารถลดการเจริญเติบโตของ *Aspergillus parasiticus* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

sorbic acid (CH_3 CH = CH - CH = CH - CO_2 H) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรีย (เวณิกา , 2538) อย่างไรก็ตาม Kabara and Eklund (1990) รายงานว่า sorbate ความเข้มข้น 0.015 - 0.05 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Bacillus* sp Davidson and Juneja (1990) กล่าวว่า sorbic acid สามารถยับยั้งการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ได้ในช่วงค่า pH ต่ำๆ เชื้อราที่ sorbic acid สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการทำงานได้แก่ *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Penicillium* และ *Trichoderma*

Tzatzarakis *et al.*, (2000) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารกันเสียซึ่งได้แก่ acetic acid, formic acid, patassium sorbate, propionic acid และ sorbic acid ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Fusarium oxysporum* ในแตงดอง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium oxysporum* เรียงตามลำดับดังนี้ sorbic acid, potassium sorbate, propionic acid, acetic acid และ formic acid

methyl paraben (HO- -C-OCH_3) เป็นสารที่มีความเสถียรใช้ในการป้องกันและยับยั้งการเจริญและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (Soni *et al.*, 2002) สารในกลุ่มของ paraben ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสูงกว่าแบคทีเรีย Acott and Labuza (1975) รายงานว่า methyl- และ propyl paraben ที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus niger* ในทางตรงกันข้าม Soni *et al.*, (2002) รายงานว่า methyl paraben มีผลช่วยให้ *Aspergillus flavus* สร้างสาร alflatoxin B1 เพิ่มขึ้น Kabara and Eklund (1991) พบว่าสารกลุ่ม paraben มีผลต่อโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง

สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ (Edible coating)

สารเคลือบผิวผักและผลไม้ที่ใช้กันในปัจจุบันมักเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ เช่น จากพืชและสัตว์ แต่ในกระบวนการผลิตมักมีการเติมสารเคมีลงในธรรมชาติด้วย จึงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (ดนัยและนิธิยา, 2542) สารเคลือบผิวที่บริโภคได้มีหลายชนิด เช่น พลีแซคคาไรด์ โปรตีน ลิพิด สารเคลือบผิวที่เตรียมขึ้นอาจใช้สารชนิดเดียว หรือใช้หลายชนิดรวมกัน โดยนำคุณลักษณะเด่นของสารแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ (มณฑาทิพย์, 2535) ปัจจุบันการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้กำลังได้รับความสนใจ และมีการนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (ดนัยและนิธิยา, 2542) Jiang and Li (2001) ได้ศึกษาการใช้ไคโตแซนเคลือบผิวลำไย พบว่าการเคลือบผิวลำไยด้วยไคโตแซนสามารถลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำหนักของผล ชะลอกิจกรรมของ PPO และยับยั้งการเน่าเสียของผลระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกัน Zhang and Quantick (1997) พบว่าการเคลือบผิวลิ้นจี่ด้วยไซโตแซน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ชะลอการเพิ่มกิจกรรมของ PPO ลดการเสียน้ำหนักและยับยั้งการเพิ่มน้ำหนักของกิจกรรม POD carageenan และอนุพันธ์ของเซลลูโลส จัดเป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ในกลุ่มของโพลิแซคคาไรด์ ช่วยชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ ในช่วงอายุการเก็บรักษาสั้นๆ เช่นผลิตภัณฑ์เนื้อ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนในลิพิด และองค์ประกอบอื่นในอาหารทำให้อาหารเหม็นหืน

sodium carboxy methyl cellulose อนุพันธ์เซลลูโลสชนิดนี้อยู่ในรูปของ อนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์ อาจเรียกว่า cellulose gum หรือชื่อย่อว่า CMC เป็นโพลีเมอร์ชนิด anionic ที่ละลายได้ในน้ำ ในโมเลกุลของ CMC ประกอบด้วย repeating unit ของ cellobiose คือประกอบด้วย anhydroglucanose 2 โมเลกุลต่อกัน ในแต่ละโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระ 3 หมู่ และมี

เพียง 1 หมู่ที่ไฮโดรเจนอะตอมถูกแทนที่ด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทธิล ซึ่งทำให้ได้อนุพันธ์ที่มีโครงสร้างดังนี้

$$HO - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - CH_2 - O - Cell$$

การเตรียม CMC เกิดจากปฏิกิริยาของโซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตตกับ alkali cellulose ทำให้ได้ CMC หลายชนิด คุณสมบัติของ CMC แต่ละชนิดถูกควบคุมได้โดยผันแปรปัจจัยต่างๆ ได้แก่ uniformity of substitution, degree of substitution และ degree of polymerization และคุณสมบัติของ CMC แต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค degree of substitution การดูดน้ำและความหนืดของสารละลาย

โซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มใสที่มีความแข็งแรง ซึ่งไม่มีผลกระทบจากน้ำมัน greases และตัวทำลายอินทรีย์ และสารละลาย CMC มีลักษณะคล้าย pseudoplastic ถ้าสารละลายของ CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะมีความหนืดต่ำและมีความเป็น pseudoplastic น้อยกว่าสารละลาย CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยทั่วๆไปสารละลาย CMC จะมีความคงตัวที่pH ช่วงกว้าง 4 - 10 แต่จะให้ค่าความหนืดสูงสุด และมีความคงตัวดีที่สุดที่ pH 7 - 9 ความหนืดของสารละลาย CMC จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถ้ามีค่า pH ต่ำกว่า 3 อาจทำให้ free - acid form ของ CMC ตกตะกอน และถ้าค่า pH สูงกว่า 10 จะทำให้สารละลายมีความหนืดลดลงเล็กน้อย

ดังนั้น จึงมีกฎทั่วๆ ไปว่าถ้าเป็นเกลือของ CMC ที่เกิดจากอิออนประจุบวกที่มีวาเลนซี่ 1 (monovalent cation) จะละลายได้ดีในน้ำ ถ้าเป็นอิออนประจุบวกที่มีวาเลนซี่ 2 (divalent cation) จะได้สารละลายที่มีลักษณะขุ่นและมีความหนืดลดลง ถ้าเป็นประจุบวกที่มีวาเลนซี่ 3 (trivalent cation) จะได้สารละลายเกลือที่ไม่ละลายน้ำ

CMC ยังใช้เติมลงในอาหารเพื่อให้มีพลังงานต่ำ (low calorie food) โดยทำหน้าที่เป็น bulking agent (นิธิยา, 2534) Baldwin *et al.*, (1996) ได้ศึกษาการเคลือบผิวมันฝรั่งและแอปเปิลตัดแต่งด้วย CMC พบว่าการเคลือบผิวด้วย CMC เพียงอย่างเดียวไม่สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยต่อของชิ้นมันฝรั่งและแอปเปิลได้ อย่างไรก็ตามการเคลือบชิ้นมันฝรั่งและแอปเปิลด้วย CMC ร่วมกับสารกันเสียหรือ antioxidants สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยติดของชิ้นมันฝรั่งและแอปเปิล ขณะที่ Khalil (1999) รายงานว่าการเคลือบผิวมันฝรั่งทอดด้วย CMC ความ

เข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ 2 ชั้น มีผลทำให้ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดลดลง 54 เปอร์เซ็นต์ และยังช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักอีกด้วย

carageenan เป็นสารโพลิแซคคาไรด์ซัลเฟต สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง เจล carageenan มักใช้เคลือบชิ้นเนยแข็งเทียมกึ่งชื้น (มณฑาทิพย์, 2535) โครงสร้างของเจล ที่ใช้เคลือบอาหารจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาอาหาร โดยป้องกันการสูญเสียความชื้นในอาหาร carageenan มีโครงสร้างต่างจากวุ้นตรงตำแหน่งที่ 1,4- โดย carageenan เป็น D-enantiomer ขณะที่วุ้นเป็น L-enantiomer carageenan เป็นสารที่มีความหนืดสูง ความหนืดของ carageenan สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้น ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์มีความหนืดอยู่ในช่วง 5 mPas - 800 mPas ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส (Stanley, 1990)

การเก็บรักษาผลลำไย

ลำไยเป็นไม้ผลกึ่งร้อนที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นมากในสภาพอุณหภูมิห้อง เนื่องจากลำไยเป็นไม้ผลชนิด non - climacteric ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงกระทำเมื่อผลลำไยมีลักษณะของสีผิวและคุณภาพเหมาะต่อการบริโภค (Pull and Chen, 1987 และ Tongdee, 1993) Jiang *et al.*, (2002) รายงานว่าภายใต้สภาพที่มีความชื้นต่ำเปลือกของผลลำไยมีการสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็วถึงแม้ว่าส่วนของเปลือกจะมี stomata และ lenticels เพียงเล็กน้อยก็ตาม การสูญเสียความชื้นนี้เป็นผลให้เปลือกแห้งและมีสีน้ำตาล โดยทั่วไปแล้วผลลำไยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1-5 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 30 วัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (Tian *et al.*, 2002) Paull and Chan (1987) พบว่า การเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 4 และ 22 องศาเซลเซียส นาน 10 วันมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรวมและกรดที่ไตเตรทได้น้อยมาก กรดที่ปรากฏอยู่ในเนื้อลำไยคือกรด succinic กรด malic ในอัตราส่วน 10 : 5 ส่วนปริมาณวิตามินซีลดลงในระหว่างการเก็บรักษา และนอกจากนั้นในระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลน้อยมาก พูนศักดิ์และคนัย (2544) พบว่าการเก็บรักษาผลลำไยนาน 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยมีคุณภาพไม่แตกต่างกัน