บทที่ 2

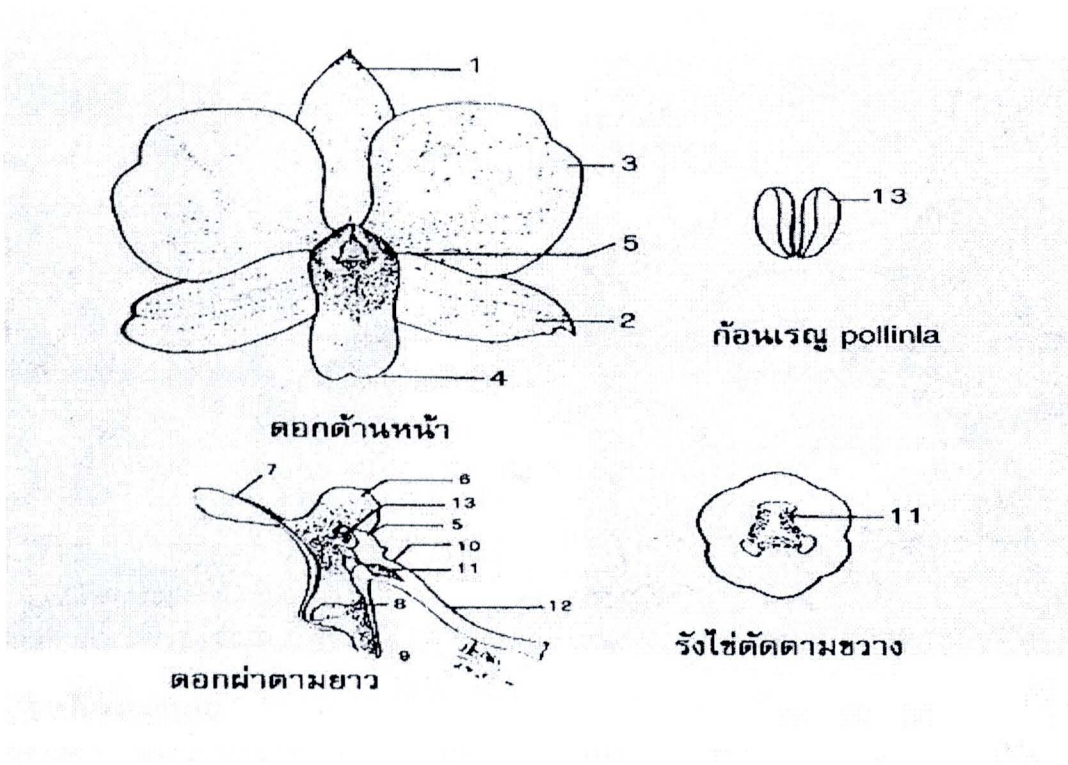
ตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดอกกล้วยไม้

กล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium* spp.) จัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae (ไพบูลย์ ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2531) มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติอยู่ในภูมิภาคของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบริเวณหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก ในประเทศไทยพบกล้วยไม้มากกว่า 130 ชนิด ซึ่งมีการกระจายอยู่อย่างกว้างขวาง ทั้งในสภาพภูมิประเทศที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรลงมาจนถึงบริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล และในป่าที่ค่อนข้างทึบไปจนถึงป่าที่โปร่งมากและแห้งแล้ง กล้วยไม้ที่นิยมปลูกตัดดอกมากที่สุด คือ กล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium* spp.) ได้แก่ ดอกสีม่วง เช่นพันธุ์มาดามปอมปาดัวร์ ดอกสีขาว เช่น พันธุ์วอลเตอร์โอมาย แจกเกอลีนโทมัส ดอกสีชมพู เช่นพันธุ์อินทวงศ์ แพนด้า ซีวาร์ ซอนเนีย และดอกสีเหลือง เช่นพันธุเกษมโกลด์ (ยุพา มงคลสุข, 2554)

กล้วยไม้สกุลหวายเป็นกล้วยไม้ที่มีการเจริญเติบโตและรูปทรงแบบแตกกอ คือเป็นกล้วยไม้ที่มีลำลูกกล้วยเมื่อลำต้นเจริญเต็มที่แล้วจะแตกหน่อเป็นลำใหม่และเป็นกอ มีลำลูกกล้วยเป็นปล้อง ๆ ใบจะเกิดที่ข้อของปล้องสลับข้อไปทางซ้ายและขวาด้านข้างของลำต้น ขนาดลำต้นหรือลำลูกกล้วยมีตั้งแต่สูงเพียงประมาณ 1 เซนติเมตร จนถึงยาวกว่า 1.5 เซนติเมตร มีระบบรากเป็นแบบกึ่งรากอากาศ (จิตราพรรณ พิลึก, 2537)

ลักษณะทั่วไปของดอกกล้วยไม้สกุลหวายมีกลีบนอกบนและกลีบนอกคู่ล่างมีความยาวไล่เลี่ยกันแต่กลีบนอกบนอยู่อย่างอิสระเดี่ยวๆ ส่วนกลีบนอกคู่ล่างมีส่วนโคนประสานติดกันตรงสันหลังของเส้าเกสรซึ่งมีลักษณะคล้ายเดือยหรือที่เรียกกันว่า “เดือยดอก” สำหรับลักษณะกลีบในทั้ง 2 กลีบ มีลักษณะต่าง ๆ กันแล้วแต่ชนิดของกล้วยไม้หวาย (มลิวัลย์ พรหมรักษา, 2539) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2537)

1. กลีบชั้นนอกกลีบบน (dosal sepal)
2. กลีบชั้นนอกคู่ล่าง (lateral sepal)
3. กลีบชั้นใน (petal)
4. ปาก (labelum)
5. เส้าเกสร (column)
6. หูกระเป๋า (side lobe)
7. ปลายปาก (midlobe)
8. ฐานเส้าเกสร (column foot)
9. เดือยดอก (mentum)
10. รังไข่ (ovary)
11. ไข่อ่อน (ovule)
12. ก้านดอก (pedicel)
13. ก้อนเรณู (pollinia)

2.2 สายพันธุ์ดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

กล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium*) เป็นกล้วยไม้ที่มีการเจริญเติบโตแบบแตกกอ มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชียเป็นสกุลใหญ่นับ 100 ชนิด ดอกมีลักษณะหลากหลายตั้งแต่มีช่อดอกยาวจนถึงไม่มีก้านช่อดอก สามารถจำแนกออกได้ถึง 20 หมู่ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2554) เช่น

หมู่ฟาแลนแนนเธ (Phalaenanthe)

มีถิ่นกำเนิดอยู่ตามเกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ กล้วยไม้ในหมู่นี้มีก้านช่อดอกยาว ประกอบด้วยหลายดอก กลีบดอกกว้าง รูปร่างมนกลม นิยมเรียกกันว่า หวายฟอร์มกลม (phalaenopsis type) แม้ว่ากล้วยไม้หวายในหมู่นี้ไม่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยแต่คนไทยนำเข้ามาปลูกเลี้ยงและใช้ในการพัฒนาพันธุ์ ได้เป็นกล้วยไม้ตัดดอกและกล้วยไม้กระถางจำนวนมาก

หมู่เซอราโทเบียม (Ceratobium)

มีถิ่นกำเนิดตามเกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก และหมู่เกาะปาปัวนิวกินี กล้วยไม้หมู่นี้มักมีลำต้นค่อนข้างสูงใหญ่ ก้านช่อยาว ตั้งตรง ประกอบด้วยดอกจำนวนมาก กลีบดอกแคบ บางชนิดกลีบบิดเป็นเกลียว นิยมเรียกว่า หวายกลีบบิด(antelope) นิยมผสมกับหมู่ฟาแลนแนนเธ เพื่อให้เป็นกล้วยไม้ตัดดอก

หมู่แคลลิสตา (Callista)

มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย ได้แก่ เอื้องผึ้ง เอื้องคำ เอื้องม่อนไข่

หมู่ไนโกรเฮอร์ซูเธ (Nigrohirsutae)

มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย ได้แก่ เอื้องเงินหลวง เอื้องเงินแดง เอื้องแซะ

หมู่ยูจิแนนเธ (Eugenanthe)

มีถิ่นกำเนิดแถบเทือกเขาหิมาลัยจากประเทศอินเดีย พม่า ไทย ลาว จีนตอนใต้ ไปจนถึงฟิลิปปินส์ กล้วยไม้ในหมู่นี้ยังสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือ

- กลุ่มเอื้องสาย เช่นเอื้องสาย เอื้องสายน้ำผึ้ง เอื้องสายน้ำครั่ง
- กลุ่มเอื้องเก๊ากิ่ว เช่น เอื้องเก๊ากิ่ว เอื้องเหลืองจันทบูรณ์ เอื้องเก๊ากิ่วแม่สะเรียง
- กลุ่มเอื้องช้างน้าว เช่น เอื้องช้างน้าว เอื้องจำปา เอื้องแววมยุรา

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ 'Red Sonia'

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้น : มีลักษณะเป็นลำลูกกล้วยรูปรียาวประมาณ 45.30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.56 เซนติเมตร

ใบ : รูปรียาวประมาณ 14.50 เซนติเมตร กว้างประมาณ 6.02 เซนติเมตร

ดอก : ไม่มีกลิ่น ฟอร์มดอกกึ่งฟอร์มกลม กว้างประมาณ 5.68 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7.09 เซนติเมตร ความยาวทั้งช่อประมาณ 53.05 เซนติเมตร จำนวนดอกบนช่อดอก 10 - 13 ดอก การเรียงตัวของดอกบนช่อดอก 2 แถว จำนวนช่อดอกต่อลำลูกกล้วย 3-5 ช่อดอก อายุการใช้งานเฉลี่ย 16 วัน สีพื้นกลีบดอกสีขาว (White Group 155 C) สีระบายกลีบดอกสีม่วง (Purple Group N 78 A) เป็นพันธุ์ที่ปลูกเลี้ยงง่าย ต้นเจริญเติบโตดี ทรงช่อสวย ทนต่อสภาพอากาศ ไม่ประสบปัญหาเรื่องดอกตูมฝ่อและร่วง (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2554)

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ 'Queen Ping'

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้น : มีลักษณะเป็นลำลูกกล้วยรูปรียาวประมาณ 49.40 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.78 เซนติเมตร

ใบ : รูปไข่แคบยาวประมาณ 19.40 เซนติเมตร กว้างประมาณ 5.73 เซนติเมตร

ดอก : ไม่มีกลิ่น ฟอร์มดอกฟอร์มกลม กว้างประมาณ 5.42 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6.11 เซนติเมตร ความยาวทั้งช่อประมาณ 54.70 เซนติเมตร จำนวนดอกบนช่อดอก 13 - 16 ดอก การเรียงตัวของดอกบนช่อดอก 2 แถว จำนวนช่อดอกต่อลำลูกกล้วย 2 -4 ช่อดอก อายุการใช้งานเฉลี่ย 11 วัน สีพื้นกลีบดอกสีขาว (White Group 155 D) สีระบายกลีบดอกสีม่วง (Purple Group N78 B) เป็นพันธุ์ลูกผสม เป็นพันธุ์ที่ปลูกเลี้ยงง่าย ช่อยาวลำสูงให้ผลผลิตดี ก้านช่อแข็งแต่ไม่ค่อยให้ช่อยาวพิเศษ ช่วงฤดูแล้ง เมษายน-พฤษภาคม ไม่ค่อยให้ช่อและมักมีดอกตูมฝ่อ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2554)

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ 'Big White Jumbo'

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้น : มีลักษณะเป็นลำลูกกล้วยรูปรียาวประมาณ 58.50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.91 เซนติเมตร

ใบ : รูปไข่แคบยาวประมาณ 17.03 เซนติเมตร กว้างประมาณ 5.67 เซนติเมตร

ดอก : มีกลิ่นหอม ฟอร์มดอกกึ่งฟอร์มกลม กว้างประมาณ 5.44 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6.21 เซนติเมตร ความยาวทั้งช่อประมาณ 57.30 เซนติเมตร จำนวนดอกบนช่อดอก 15 - 20 ดอก การเรียงตัวของดอกบนช่อดอก 3 แถว จำนวนช่อดอกต่อลำลูกกล้วย 2-5 ช่อดอก อายุการใช้งานเฉลี่ย 9 วัน สีพื้นกลีบดอกสีขาว (White Group 155 C) เป็นพันธุ์ที่ปลูกเลี้ยงง่าย ก้านช่อยาว ให้ผลผลิตดี มีดอกดกในช่วงฤดูฝน มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ เมื่อสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงโดนฝนมักประสบปัญหาเรื่องดอกตูมฝ่อและร่วง การแตกหน่อใหม่ค่อนข้างช้า (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2554)

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ 'Miss Teen'

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้น : มีลักษณะเป็นลำลูกกล้วยรูปแถบยาวประมาณ 58.33 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.44 เซนติเมตร

ใบ : รูปแถบยาวประมาณ 13.05 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4.01 เซนติเมตร

ดอก : ไม่มีกลิ่น ฟอร์มดอกกึ่งฟอร์มกลม กว้างประมาณ 7.10 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7.09 เซนติเมตร ความยาวทั้งช่อประมาณ 39.95 เซนติเมตร จำนวนดอกบนช่อดอก 7 - 10 ดอก การเรียงตัวของดอกบนช่อดอก 2 แถว จำนวนช่อดอกต่อลำลูกกล้วย 2-4 ช่อดอก อายุการใช้งานเฉลี่ย 15 วัน สีพื้นกลีบดอกสีขาว (White Group 155 C) สีระบายกลีบดอกสีม่วง (Purple - Violet Group N 81 D) ปลูกเลี้ยงง่าย ระบบรากแข็งแรง มีรากยาว เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดี ให้ปริมาณช่อยาวพิเศษมาก แต่ดอกค่อนข้างเปราะง่าย ต้นสูง ในช่วงฤดูแล้งให้ผลผลิตน้อย (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2554)

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ 'Yunan'

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้น : มีลักษณะเป็นลำลูกกล้วยรูปรีรียาวประมาณ 34.40 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.64 เซนติเมตร

ใบ : รูปแถบ ยาวประมาณ 14.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 3.20 เซนติเมตร

ดอก : ไม่มีกลิ่น ฟอร์มดอกฟอร์มกลม กว้างประมาณ 7.21 เซนติเมตร ยาวประมาณ 5.30 เซนติเมตร ความยาวทั้งช่อประมาณ 56.70 เซนติเมตร จำนวนดอกบนช่อดอก 9 – 13 ดอก การเรียงตัวของดอกบนช่อดอก 2 แถว จำนวนช่อดอกต่อลำลูกกล้วย 3-5 ช่อดอก อายุการใช้งานเฉลี่ย 12 วัน สีพื้นกลีบดอกสีม่วง (Purple Group N78 C) พันธุ์นี้ปลูกเลี้ยงง่ายต้นเจริญเติบโตดี แตกหน่อเร็ว ให้ปริมาณช่อยาวพิเศษมาก ฟอร์มดอกสวย สีสดใส การเรียงตัวของดอกเป็นระเบียบทำให้ง่ายในการจัดช่อ ประสบปัญหาเรื่องดอกตูมฝ่อและร่วง พันธุ์นี้แมลงศัตรูชอบเข้าทำลายอาจเนื่องจากมีสีสดใส

2.3 แหล่งเพาะปลูกกล้วยไม้ที่สำคัญของประเทศไทย

โดยส่วนใหญ่พื้นที่ผลิตกล้วยไม้ในประเทศไทยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง เช่น จังหวัดนครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี และนนทบุรี ทั้งนี้เนื่องจากสภาพภูมิอากาศเหมาะกับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ใกล้แหล่งน้ำ ตลาด และมีการคมนาคมขนส่งที่สะดวก (เสรี วิริยวัฒนะ, 2540)

2.4 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

สำหรับประเทศไทยกล้วยไม้นับว่าเป็นไม้ตัดดอกเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุด เนื่องจากประเทศไทยสามารถผลิตกล้วยไม้เพื่อส่งออก ทั้งในรูปไม้ตัดดอกและต้นกล้วยไม้ไปจำหน่ายต่างประเทศโดยสามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายล้านบาท โดยเฉพาะกล้วยไม้สกุลหวายเป็นกล้วยไม้ที่ส่งออกมากที่สุดเนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและนอกประเทศ นอกจากนี้กล้วยไม้เป็นไม้ตัดดอกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีสีสันสวยงาม มีความหลากหลายของสีสัน รูปร่าง และชนิดพันธุ์ ทำให้ผู้ใช้มีโอกาสเลือกใช้ได้มาก ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยไม้ตัดดอกประมาณ 20,000 ไร่ เกษตรกรผู้ปลูกเลี้ยงจำนวน 3,000 ราย ปัจจุบันสามารถผลิตกล้วยไม้ตัดดอกมากกว่า 45,000 ตัน ผลผลิตประมาณครึ่งหนึ่งจำหน่ายตลาดภายในประเทศ ส่วนที่เหลือส่งไปจำหน่าย

ต่างประเทศ ทำรายได้ให้ประเทศประมาณ 2,500 ล้านบาท ตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี สาธารณรัฐประชาชนจีน กล้วยไม้ตัดดอกที่ผลิตและส่งออก ประมาณร้อยละ 90 เป็นกล้วยไม้สกุลหวาย รองลงมาเป็นสกุลมอคคารา ออนซิเดียม อแรนดา และแวนดา (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545)

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพกล้วยไม้

ลักษณะ	ชั้นพิเศษ (Extra)	ชั้นหนึ่ง (I)	ชั้นสอง (II)	ชั้นสาม (III)
ความยาวช่อดอก (ซ.ม.)	ไม่น้อยกว่า 55	ไม่น้อยกว่า 45	ไม่น้อยกว่า 35	ไม่น้อยกว่า 30
จำนวนดอก/ช่อ	ไม่น้อยกว่า 12	ไม่น้อยกว่า 10	ไม่น้อยกว่า 8	ไม่น้อยกว่า 6
จำนวนดอกบาน/ช่อ	ไม่น้อยกว่า 7	ไม่น้อยกว่า 6	ไม่น้อยกว่า 5	ไม่น้อยกว่า 4

ที่มา: ยุพา มงคลสุข (2554)

การนำเข้า - ส่งออก

การนำเข้าในปี 2548 ประเทศไทยนำเข้าดอกกล้วยไม้ ประมาณ 0.16 ล้านตัน มูลค่า 5.71 ล้านบาท มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2547 จำนวน 0.08 ล้านตัน มูลค่า 3.39 ล้านบาทตามลำดับ และนำเข้าต้นกล้วยไม้จำนวน 0.957 ล้านตัน มูลค่า 13.59 ล้านบาท เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2547 ซึ่งนำเข้า 0.21 ล้านตัน มูลค่า 2.73 ล้านบาท คิดเป็นมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 68.43 และ 390.47 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่นำเข้าดอกและต้นกล้วยไม้จากประเทศจีน (ยุพา มงคลสุข, 2554) การส่งออกในปี 2548 ประเทศไทยส่งออกดอกกล้วยไม้ ประมาณ 21.2 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 2,538 ล้านบาท มีปริมาณเพิ่มขึ้น 18.63 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปี 2547 ซึ่งมีมูลค่า 2,136 ล้านบาท และส่งออกต้นกล้วยไม้จำนวน 30 ล้านตัน มูลค่า 446.67 ล้านบาท เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2547 ซึ่งส่งออก 26.3 ล้านตัน มีมูลค่า 344.6 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละที่เพิ่มขึ้น 18.82 และ 29.6 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่ประเทศไทยส่งออกดอกและต้นกล้วยไม้ไปยังประเทศญี่ปุ่น อเมริกา ฮ่องกง อิตาลี มากตามลำดับ (ยุพา มงคลสุข, 2554)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของดอกกล้วยไม้หลังการเก็บเกี่ยว

2.5.1 น้ำ

น้ำมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์พืช ช่วยละลายแร่ธาตุ และอาหาร อีกทั้งเป็นตัวกลางในการลำเลียงสารละลายต่างๆ ด้วยและน้ำยังมีส่วนในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของพืช มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการเมแทบอลิซึม ตลอดทั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ นอกจากนี้ น้ำยังช่วยรักษาสภาพความเต่งของเซลล์ (cell turgidity) และควบคุมอุณหภูมิภายในเซลล์ ไม่ให้เกิดการผันแปรมากด้วย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) น้ำจากแหล่งต่างๆ นั้น จะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยเร่งหรือชะลอการเสื่อมคุณภาพของดอกไม้เมื่อนำมาใช้งาน จึงทำให้อายุการปักแจกันของดอกไม้แตกต่างกัน (ลพ ภวภูตานนท์, 2529; สายชล เกตุษา, 2531; Durkin, 1979; Nowak และ Rudnicki, 1990) การขาดน้ำหรือปริมาณน้ำในดอกไม่สมดุล จึงทำให้สภาพทางชีวเคมีในพืชเปลี่ยนไป Durkin และ Kuc (1966) รายงานว่า การลดลงของน้ำมากเกินไป จะทำให้ดอกไม้เหี่ยวในดอกกุหลาบบนต้นจะมีอายุนานกว่าดอกกุหลาบที่ตัดจากต้น แสดงว่า พืชมีกระบวนการที่ทำให้เกิด anti-senescence ของดอก อาจเป็นไปได้ว่าที่ปัจจัยทาง anti-senescence นี้ คือน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำไม่สมดุล จึงทำให้เกิดอาการเหี่ยว Marousky (1972) พบว่า อาการก้านคอดอกอ่อนในดอกกุหลาบนั้นมีสาเหตุมาจากการขาดน้ำ ดอกกุหลาบตูมจะเสียหายตั้งแต่ยังไม่บานเป็นผลมาจากก้านคอดอกไม่มีเซลล์ที่มี lignin และ collenchyma cells ดังนั้น ความแข็งแรงของก้านคอดอกจึงขึ้นกับความเต่งของเซลล์ที่ก้านคอดอก Venkatarayappa และคณะ (1980) ได้ทดลองใช้ Co_2 พบว่า Co_2 ช่วยเพิ่มการดูดน้ำและลดการคายน้ำโดยลดการเปิดของปากใบในกุหลาบพันธุ์ Samantha ป้องกันอาการก้านคอดอกอ่อน และเพิ่มอายุการปักแจกัน ดังนั้นการปรับสมดุลของน้ำเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ได้ โดยน้ำกลั่นสามารถยืดอายุการปักแจกันดอกไม้และเพิ่มประสิทธิภาพของสารที่ใช้ยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ได้ดี (Staby และ Erwin, 1987) นอกจากนี้ น้ำที่ผ่านการกรองด้วย Millipore filter จะสามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกกุหลาบได้ (Durkin, 1979) และน้ำที่มีค่า pH ต่ำ (3-4) จะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์น้อย เมื่อเทียบกับน้ำที่มีค่า pH สูง จึงทำให้ลดการอุดตันในท่อลำเลียงดอกไม้ทำให้สามารถดูดน้ำได้ดีขึ้น (Nowak และ Rudnicki, 1990)

2.5.2 อาหาร

อาหารของดอกไม้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต พืชใช้คาร์โบไฮเดรตในกระบวนการต่างๆ เช่น การหายใจ การสร้างโครงสร้างต่างๆ และเก็บไว้ในรูปอาหารสะสมภายในส่วนต่างๆของพืช เช่น เมล็ด ดอก ผล กิ่ง และใบ เป็นต้น โดยที่พืชจะย่อยสลายแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูปของน้ำตาล ซึ่งซูโครสเป็นน้ำตาลที่เคลื่อนที่ได้จะถูกส่งมายังแหล่งที่ต้องการอาหาร (sink) และเปลี่ยนจาก

ซูโครสไปเป็นกลูโคสหรือฟรุกโตส นำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆต่อไป (Sherson และคณะ, 2003) เช่น การเจริญเติบโตหรือถูกนำไปสร้างเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ (Salisbury และ Ross, 1992) โดยปกติแล้วดอกไม้จะไม่มีคลอโรฟิลล์ ดังนั้น ดอกไม้จะไม่สามารถเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ อาหารสะสมจากกลีบดอกที่มีปริมาณจำกัดเพียงแหล่งเดียว และอาหารส่วนใหญ่ถูกใช้ในการดำรงชีพ (Rogers, 1973) ทำให้มีอาหารไม่เพียงพอต่อการพัฒนาของดอก เนื่องจากในขั้นตอนการพัฒนาของดอกจะมีการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ดอกไม้จึงต้องดึงคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งอื่น เช่น ใบ หรือดอกข้างเคียง เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาของดอก Kalkman และคณะ (1995) กล่าวว่า ในการบานของดอกตูม อาจจะนำน้ำตาลส่วนหนึ่งมาจากลำต้น ส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแป้งเป็นกลูโคสและฟรุกโตส และอีกส่วนหนึ่งอาจมาจากดอกตูมที่อยู่ด้านล่างของช่อดอกนั้น นอกจากนี้ เฉลิมชัย วงษ์อารี (2538) ยังพบว่า ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่ปลิดดอกบานทั้งหมดจะมีจำนวนดอกตูมบานน้อยที่สุด และรองลงมาคือการปลิดดอกบานออก 2/3 และ 1/3 ของดอกบานทั้งหมด และดอกบานมีความสำคัญต่อการบานของดอกตูม การปลิดดอกบานทำให้มีการดูดน้ำลดลง และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดน้อย ทั้งนี้ภายในช่อดอกเดียวกันจะมีการเคลื่อนย้ายอาหารจากดอกตูมหรือดอกบานข้างเคียงไป เพื่อการดำรงชีพและการพัฒนาเป็นดอกบานต่อไป (Yamane และคณะ, 1991) โดยดอกที่พัฒนาก่อนจะดึงอาหารไปใช้ได้มากกว่า ดอกบานจะทำหน้าที่คล้ายใบที่ช่วยดูดน้ำขึ้นไปในช่อดอก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดอกจัดเป็นใบที่เปลี่ยนรูปไปและยังคงมีปากใบอยู่ (Fahn, 1982) ทำให้น้ำจากเซลล์ข้างเคียงเข้าแทนที่ ต่อเนื่องกันถึงในท่อลำเลียงน้ำ ทำให้มีแรงดึงน้ำขึ้นไปทางท่อลำเลียงน้ำได้มากขึ้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544)

2.5.3 การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ยังคงเกิดกับดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว ดอกไม้ที่มีคุณภาพดีควรมีสภาพการปลูกเลี้ยงที่ดี ปัจจัยต่างๆ เช่น แสง น้ำ และอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้ดอกไม้มีการสังเคราะห์แสงและอาหารสะสมมากที่สุด กลีบดอกไม้เป็นแหล่งสะสมน้ำตาลซูโครส เพื่อใช้ในการเจริญและพัฒนาของดอก ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายแป้งและน้ำตาลประเภท polysaccharide ใบจะทำหน้าที่สังเคราะห์น้ำตาลแล้วส่งไปสะสมที่กลีบดอก เพื่อใช้ในกระบวนการหายใจ เมื่อดอกไม้ถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจจนหมด เซลล์จะเริ่มตายและดอกจะร่วงโรย ปัจจัยที่ควบคุมการหายใจมีหลายปัจจัย โดยปัจจัยที่เร่งให้พืชมีอัตราการหายใจสูงทำให้ดอกไม้มีอายุการปักแจกันสั้นลง ในทางกลับกันปัจจัยที่ชะลออัตราการหายใจสูงสุด จะทำให้เกิดขึ้นช้าและดอกไม้จะมีอายุการปักแจกันนานขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วดอกไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจที่ไม่เท่ากัน Hew (1980) รายงานว่าดอกกล้วยไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการบานสั้นกว่าดอกกล้วยไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ และดอกไม้ที่มีอายุน้อยจะมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าดอกไม้ที่มีอายุมากกว่า และเมื่อเข้าสู่วัยชราภาพจะมี

อัตราการหายใจสูงต่อ เมื่อดอกไม้หมดอายุการใช้งานจึงจะมีอัตราการหายใจต่ำ นอกจากนี้การเกิดบาดแผล สารเคมีเป็นพิษ กลีบดอกฉีกขาดหรือชอกช้ำ โรค แมลง ทำให้พืชมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ซึ่งการหายใจที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดบาดแผล เรียกว่า wound respiration (สายชล เกตุษา, 2531) นอกจากนี้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยยับยั้งการหายใจของดอกไม้ สำหรับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชก็มีบทบาทต่อการหายใจ ทั้งในแง่ยับยั้งและส่งเสริม เช่น BA และ chlormequat จะช่วยยับยั้งการหายใจ ส่วนเอทิลีน abscisic acid และ naphthaleneacetic acid (NAA) เร่งการหายใจให้สูงขึ้น (สายชล เกตุษา, 2531)

2.5.4 การสร้างเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่อยู่ในสถานะก๊าซ ซึ่งกระตุ้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต พัฒนาการ และการเสื่อมสภาพของพืช เอทิลีนถูกผลิตขึ้นจากทุกส่วนของพืชชั้นสูงได้แก่ ใบ ราก ลำต้น ดอก ผล หัว และต้น (Yang และ Hoffman,1984) การสังเคราะห์เอทิลีนจะมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการตัดดอก (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) ทั้งนี้ดอกไม้แต่ละชนิดสามารถผลิตเอทิลีนและทนต่ออันตรายจากเอทิลีนในปริมาณที่แตกต่างกัน อันตรายที่ดอกไม้ได้รับจากเอทิลีน คือทำให้ดอกไม้เสื่อมคุณภาพ สีและดอกผิดปกติ กลีบดอกและใบร่วงและเหี่ยวเฉาเร็ว (Halevy และ Mayak, 1981) สำหรับดอกกล้วยไม้หวายนั้นมีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงมากในระยะที่ดอกตูม และลดลงเมื่อดอกเริ่มบาน อัตราการสร้างเอทิลีนจะสูงขึ้นอีกเมื่อดอกบานแล้วเข้าสู่ระยะชราภาพ (Goh และคณะ, 1985) จะเห็นได้ว่า ในการสังเคราะห์เอทิลีนของดอกไม้จะเหมือนกับผลไม้ คือ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ non-climacteric และ climacteric โดยตัวอย่างดอกไม้ที่จัดอยู่ใน non-climacteric เช่น กุหลาบ เป็นพวกที่ไม่มีการสร้างเอทิลีนมาก่อนที่ดอกไม้เข้าสู่ระยะการเสื่อมสภาพ ส่วนดอกไม้ประเภท climacteric เช่น ดอกคาร์เนชัน และกล้วยไม้ในเขตร้อนบางชนิด ดอกไม้ประเภทนี้พบว่าอัตราการหายใจของดอกจะเพิ่มขึ้นทันทีที่ดอกบาน และเพิ่มมากขึ้นตามอายุ จนมีระดับคงที่เมื่อดอกบานเต็มที่ (เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช, 2534) ระบบการสร้างเอทิลีนเป็น autocatalytic system เอทิลีนที่ดอกไม้ได้รับจากภายนอกสามารถชักนำให้ดอกไม้สร้างเอทิลีนขึ้นมาเองได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเอทิลีน เช่นการได้รับอันตรายจากบาดแผล ความชอกช้ำและสารเคมีเป็นพิษสามารถกระตุ้นให้ดอกไม้เกิดการสร้างเอทิลีนได้ (สายชล เกตุษา, 2531)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 07 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247107
เลขเรียกหนังสือ

2.5.5 ปัจจัยอื่นๆ

ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะสมกับการเก็บรักษาดอกไม้ (สายชล เกตุษา, 2531) สำหรับอุณหภูมิ พบว่าดอกไม้ที่เก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส จะหายใจในอัตราที่เร็วกว่าดอกไม้ที่เก็บรักษาที่ 2 องศาเซลเซียส ถึง 45 เท่า (ครรชิต ธรรมศิริ, 2547) ดังนั้นในสภาพอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูง จะสามารถป้องกันการลดลงของน้ำ ทำให้ดอกไม้เหี่ยวช้า ในดอกไม้ที่น้ำลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่านี้จะทำให้คุณภาพดอกไม้ลดลงและใช้งานไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดความแตกต่างระหว่างความสมดุลของน้ำภายในดอกในการดูดน้ำและคายน้ำ เมื่อการคายน้ำมีมากกว่าการดูดน้ำ ดอกไม้นั้นเริ่มแสดงอาการเหี่ยว คุณภาพดอกไม้ลดลงจนกระทั่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนสีของกลีบดอกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่พบได้ในดอกไม้ทั่วไป เช่น ดอกกุหลาบและดอกกล้วยไม้ เป็นต้น สีดอกจะเป็นตัวชี้บ่งถึงอายุที่เหมาะสมในการตัดจนถึงเวลาหมดอายุการใช้งานในดอกกล้วยไม้ พบว่า มีกลุ่มเม็ดสี 3 กลุ่มใหญ่ๆ (ครรชิต ธรรมศิริ, 2531; Harper, 1972; Goodwin, 1976) คือ 1) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) 2) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) และ 3) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เช่น การเปลี่ยนแปลงสีของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) โดยเฉพาะแอนโธไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของแวคิวโอล (vacuole) ภายในเซลล์ เช่น pH ต่ำจะเป็นสีแดง pH สูงกว่า 7.0 จะเป็นสีน้ำเงินหรือม่วง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2526; สายชล เกตุษา, 2531; ช. ณิฎฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) นิตยา จันกา (2551) ได้ทำการศึกษาชนิดและรูปแบบการสะสมแอนโทไซยานินในดอกกล้วยไม้พันธุ์แท้ในเผ่า VANDEAE จำนวน 3 สายพันธุ์ ที่มีสีของกลีบดอกแตกต่างกัน คือพันธุ์กุหลาบมาลัยแดง (*Aerides multiflora* Roxb.) มีกลีบดอกอยู่ในช่วงสีแดงไอยเรศ (*Rhynchostylis-retusa* (L.) Blume) มีกลีบดอกอยู่ในช่วงสีแดง-ม่วง และฟ้ามุ่ย (*Vanda coerulea* Griff. ex Lindl.) ซึ่งกลีบดอกมีสีฟ้าอ่อน โดยฟ้ามุ่ยมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดเท่ากับ 6.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาได้แก่ กุหลาบมาลัยแดงเท่ากับ 2.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนไอยเรศ มีน้อยที่สุดเท่ากับ 0.83 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับรูปแบบสารแอนโทไซยานิดินที่แยกได้จากเครื่อง HPLC ระหว่างดอกกล้วยไม้กับสารสกัดจากพืชอ้างอิงที่มีรายงานมาแล้วได้แก่ องุ่นดำ สตรอเบอรี่ ดอกอัญชัญและกะหล่ำปลีสีม่วง พบว่าดอกกล้วยไม้ที่มีกลีบดอกอยู่ในโทนสีแดงส่วนใหญ่ประกอบ ด้วยอนุพันธ์ของแอนโทไซยานิดินชนิดไซยานินเป็นหลัก ซึ่งดอกไอยเรศประกอบด้วยแอนโทไซยานินที่มาจากไซยานิดิน อย่างไรก็ตามกุหลาบมาลัยแดงซึ่งมีสีแดงเช่นกันกับไอยเรศ มีแอนโทไซยานินชนิดไซยานิดินร้อยละ 96.13 และพีลาร์โกนิดิน ร้อยละ 3.87 ส่วนฟ้ามุ่ยซึ่งมีดอกสีฟ้าอ่อนพบ แอนโทไซยานิดินอยู่ 2 ชนิด คือ ไซยานิดินร้อยละ 52.43 และเดลฟินิดินร้อยละ 47.57 นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ท่อลำเลียงอุดตันทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำไปใช้ได้ Larsen และ Flolich (1969) พบว่า จุลินทรีย์ที่

เจริญเติบโตในท่อลำเลียงน้ำสามารถอุดตันก้านดอกได้และบางทีจะสร้างสารบางอย่างขึ้นมาขวางทางเดินท่อลำเลียงน้ำอีกด้วย (Accati, 1980) และสารที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนั้นกลายเป็นเมือก (slime plug) อุดตันทั้งท่อลำเลียงน้ำและอาหารที่โคนก้านดอกไม้ (Burdett, 1970) นอกจากนี้บาดแผลที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวดอกไม้ก็มีผลต่อการอุดตันก้านดอกโดยสิ่งที่อยู่ในท่ออาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต เพคติน แทนนิน ลิปิด และสารอื่นๆ ที่ถูกเอนไซม์แปรสภาพ มีส่วนอุดตันท่อลำเลียงด้วยเช่นกัน ส่วนปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้ดอกไม้เกิดการขาดน้ำ ได้แก่ ดอกไม้ที่ถูกตัดจากต้นจะเกิด water stress ทำให้เกิดฟองอากาศภายในบริเวณท่อน้ำและขวางการลำเลียงของน้ำ (Rogers, 1973) หรือฮอร์โมนเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้ดอกไม้เกิดการขาดน้ำได้ (Mayak และคณะ, 1977)

2.6 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

หลังจากเก็บเกี่ยวดอกไม้จากต้นแล้วควรรีบนำดอกไม้เข้าที่ร่ม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลดลงของน้ำมากเกินไป หรืออาจมีห้องเย็นสำหรับลดอุณหภูมิและเก็บรักษาดอกไม้ และควรมีการใช้สารส่งเสริมคุณภาพกับดอกไม้หลังจากการเก็บเกี่ยว เพื่อยืดอายุการใช้งานของดอกไม้และปรับปรุงคุณภาพของดอกไม้

2.6.1 สารส่งเสริมคุณภาพดอกไม้

ลักษณะการใช้สาร มี 4 ลักษณะ คือ

1. การใช้สารส่งเสริมคุณภาพเพื่อให้ดอกไม้คืนสภาพความสด (conditioning)
2. การใช้สารส่งเสริมคุณภาพเพื่อให้ดอกบาน (bud-opening)
3. การใช้สารส่งเสริมคุณภาพสำหรับปักแจกัน (holding)
4. การใช้สารส่งเสริมคุณภาพเป็นระยะเวลาสั้นๆ ก่อนการขนส่งหรือเก็บรักษา (pulsing)

pulsing คือ การเพิ่มอาหารให้ดอกไม้โดยวิธีการแช่ก้านดอกไม้ในสารส่งเสริมคุณภาพเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนการเก็บรักษา ก่อนการขนส่ง และก่อนการใช้ประโยชน์ ซึ่งมีผลทำให้อายุการใช้ประโยชน์นานยิ่งขึ้น แม้ว่าดอกไม้นั้นจะปักแจกันในน้ำธรรมดาก็ตาม ส่วนผสมของสารส่งเสริมคุณภาพที่ใช้แช่ก้านดอกไม้แต่ละชนิดมักจะแตกต่างกัน ซึ่งส่วนประกอบหลัก คือ น้ำตาลซูโครส และเป็นน้ำตาลที่นิยมใช้มากที่สุด (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) น้ำตาลเป็นตัวช่วยชะลอความเหี่ยวของดอกเนื่องจากไปช่วยรักษาความสมดุลของน้ำโดยลดการเปิดของปากใบ และลดการดูดน้ำให้น้อยลง และเป็นอาหารให้กลีบดอก ถ้าต้องการแช่ก้านดอกในสารส่งเสริมคุณภาพนานๆ ควรใช้ความเข้มข้นต่ำ แต่ถ้าใช้เพื่อทำให้ดอกบานหรือช่วงสั้นๆ ควรใช้ความเข้มข้นสูง (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ , 2545)

holding คือ การใช้สารส่งเสริมคุณภาพสำหรับปักแจกัน นิยมใช้ในกลุ่มผู้ขายส่งและผู้ขายปลีก ซึ่งจะแช่ก้านดอกไม้ในสารส่งเสริมคุณภาพจนกว่าจะขายได้ ส่วนผู้ซื้อ หรือ ผู้บริโภค ก็นิยมใช้ในการปักแจกันเพื่อให้มีอายุการใช้ประโยชน์ได้นานขึ้นและควรมีการเปลี่ยนสารละลายทุก 3 วัน

ระหว่างปักแจกันภาชนะแช่ดอกไม้ควรเปลี่ยนหรือล้างทุกครั้ง การใช้สารส่งเสริมคุณภาพในลักษณะนี้คล้ายกับการทำ pulsing แต่ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ควรต่ำกว่า เพราะระยะเวลาแช่นานกว่า ปริมาณน้ำตาลควรอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5-4 ซึ่งจะช่วยให้ดอกบาน ก้านดอกไม่เน่า สามารถดูดน้ำได้ดี ทำให้ดอกไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้นานขึ้น (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545)

2.7 องค์ประกอบในสารส่งเสริมคุณภาพดอกไม้

2.7.1 น้ำ

เป็นองค์ประกอบหลักสำหรับใช้ละลายสารต่างๆและทำให้ดอกไม้ไม่เหี่ยวเฉา น้ำที่ใช้ควรจะเป็นน้ำสะอาด บริสุทธิ์ ไม่มีเกลือแร่ปะปน (ครรชิต ธรรมศิริ, 2547) น้ำที่ควรพิจารณา คือ น้ำกลั่น และน้ำกรอง ซึ่งน้ำกลั่นเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ ปราศจากเชื้อโรคและไอออนทุกชนิด ส่วนน้ำกรองนั้นยังคงมีไอออนบางอย่างอยู่ ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้ได้ดีกว่า เพราะการดูดซึมน้ำหรือธาตุอาหารของพืชเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนไอออน ส่งผลให้ก้านดอกดูดน้ำได้ดีขึ้น ไม่เกิดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำและท่ออาหารลดอาการก้านคอดอกอ่อน แต่ไอออนบางชนิดก็อาจเป็นพิษกับดอกไม้ได้ เช่น ในน้ำประปาแต่ละที่จะมีความแตกต่างกัน อาจมีความเป็นกรดจัด ด่างจัด มีหินปูนมาก หรืออาจเจือปนด้วยไอออนที่มีพิษต่อพืช ดังนั้นจึงไม่ควรนำน้ำประปามาใช้ละลายสารส่งเสริมคุณภาพ (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) และน้ำที่จะนำมาใช้ควรปรับให้มีความเป็นกรดประมาณ 3-4 เพราะจะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์และช่วยให้การเคลื่อนย้ายของน้ำขึ้นไปก้านดอกได้ง่ายขึ้น โดยทั่วไปนิยมใช้กรดซิตริคเพราะเป็นกรดอินทรีย์ (สายชล เกตุษา, 2531)

2.7.2 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของดอกไม้ที่ใช้สำหรับกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงาน (ATP) แม้ว่าดอกไม้จะใช้กลูโคสและฟรุกโตสสำหรับการหายใจได้รวดเร็วกว่าการใช้ซูโครส แต่ในทางปฏิบัติมักนิยมใช้ซูโครสเพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ เพราะซูโครสเคลื่อนที่ในท่อลำเลียงได้เร็วกว่ากลูโคสและฟรุกโตส เมื่อซูโครสขึ้นไปถึงตัวของดอก ซูโครสจะเปลี่ยนเป็นกลูโคสและฟรุกโตสโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์อินเวอร์เทส ซึ่งดอกไม้จะนำไปใช้ในกระบวนการหายใจต่อไป (สายชล เกตุษา, 2531) ความเข้มข้นของน้ำตาลขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ ถ้าต้องการแช่ก้านดอกในสารส่งเสริมคุณภาพนานๆ หรือใช้เป็นน้ำยาปักแจกัน ควรใช้ความเข้มข้นต่ำ แต่ถ้าใช้แช่ก้านดอกเพียงระยะเวลาสั้นๆ หรือเพื่อทำให้ดอกบาน ควรใช้ความเข้มข้นสูง (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) น้ำตาลช่วยรักษาสภาพไมโตคอนเดรียและเมมเบรนภายในเซลล์ของดอกไม้ให้อยู่ในสภาพเดิมได้นาน ซึ่งช่วยยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ได้นานขึ้นนอกจากนี้น้ำตาลที่ดอกไม้ดูดขึ้นไปจะทำให้ปากใบปิดและเกิดการคายน้ำน้อย ซึ่งจะช่วยชะลอการเหี่ยวของดอก และน้ำตาลยังช่วยเพิ่มการดูดน้ำ

โดยดอกไม้ที่ได้รับซูโครสจะมีค่า osmotic potential สูงขึ้นทำให้ดอกไม้ดูดน้ำได้เพิ่มขึ้น ซึ่งมีอายุการปักแจกันนานขึ้น (สายชล เกตุษา, 2531) แต่ถ้าใช้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป อาจทำให้ใบและกลีบดอกไม้เสียหายได้ (ครรชิต ธรรมศิริ, 2547) วรนุช โชติวิทยธานินทร์ (2537) รายงานว่า ดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่ผ่านการจุ่มแช่ในสารส่งเสริมคุณภาพที่มีส่วนประกอบของ $AgNO_3$ ที่เจือจางในอัตราส่วน 1:200 ร่วมกับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 มีอายุการปักแจกันนานกว่าน้ำกลั่น เนื่องจากน้ำตาลช่วยส่งเสริมการหายใจและทำให้ดอกกล้วยไม้คงความมีชีวิตอยู่ได้ แต่การปักแจกันในน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ช่อดอกกล้วยไม้เหี่ยวเร็ว เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ไปอุดตันที่ปลายก้านช่อดอกจึงขัดขวางการดูดน้ำไปใช้ โดยสังเกตเห็นได้จากโคนก้านช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 มีการเน่าของปลายก้านช่อดอกรุนแรงกว่าการปักก้านช่อดอกในน้ำกลั่น

2.7.3 สารกำจัดเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเจริญเติบโตอยู่ในน้ำที่ใช้แช่ดอกไม้ในน้ำยาปักแจกัน ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราบางชนิด เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสียต่อดอกไม้ในแง่การพัฒนาของดอกและการอุดตันของท่อน้ำ นอกจากนั้นเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถสร้างก๊าซเอทิลีนและสารพิษบางชนิดขึ้นมาได้ ซึ่งจะเร่งกระบวนการเสื่อมสภาพของดอกไม้ให้เร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น ปริมาณแบคทีเรียในน้ำ 10^7 - 10^8 หน่วยต่อมิลลิลิตร จะเป็นสาเหตุทำให้ดอกกุหลาบดูดน้ำได้น้อยลง ดอกกุหลาบจะเหี่ยวภายใน 1 ชั่งโมง เมื่อแช่ในน้ำมีปริมาณแบคทีเรีย 3×10^9 หน่วยต่อมิลลิลิตร (นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุญยเกียรติ, 2537) แบคทีเรียเข้าไปสู่เนื้อเยื่อพืช อาจจะทำให้ดอกไม้อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากแบคทีเรียก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งในเซลล์พืช ซึ่งจะทำลายเยื่อหุ้มและผนังเซลล์ได้ (สายชล เกตุษา, 2531) ดังนั้นเพื่อควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ จึงมีการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดผสมลงในน้ำ สารเคมีเหล่านี้อาจจะผสมกับน้ำโดยตรงหรือผสมร่วมไปกับสารเคมีอื่นๆได้ สารเคมีกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้กันมากคือ 8-Hydroxyquinoline (8-HQ) มักใช้ในรูปของเกลือซัลเฟต (HQS) หรือ เกลือซิเตรต (HQC) นอกจากสารทั้งสองนี้จะสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้หลายชนิดแล้ว 8-HQ ยังลดปัญหาการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำในก้านดอกไม้ได้ด้วย ซึ่งคุณสมบัตินี้อาจจะเกิดคุณสมบัติในการเป็นคีเลต (Chelate) ของ 8-HQ โดยคาดว่า 8-HQ จะไปรวมกับโลหะที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมเอนไซม์ ซึ่งเร่งให้เกิดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำ การเกิดคีเลตของ 8-HQ กับไอออนของโลหะ เช่น เหล็กไอออนและทองแดงไอออน ก่อให้เกิดกิจกรรมในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ นอกจากนั้น 8-HQ ยังช่วยยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ได้ โดยการเพิ่มความเป็นกรดให้กับน้ำ ซึ่ง 8-HQ สามารถยับยั้งการปลดปล่อยก๊าซเอทีลีน ของดอกกุหลาบ ดอกคาร์เนชั่น และชิ้นเนื้อแอปเปิลทำให้สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกไม้ได้ (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) อย่างไรก็ตาม 8-HQS ก่อให้เกิดผลเสียกับดอกไม้หลายชนิด เช่น กรณีของดอก

เบญจมาศ โดย 8-HQS ก่อให้เกิดใบเหลืองไหม้ ก้านมีสีน้ำตาลเข้ม นอกจากนั้นยังพบอาการดังกล่าวกับดอกจิบโซฟีล่าด้วย สำหรับดอกไม้ที่มีสีขาวเมื่อใช้ 8-HQS อาจจะทำให้ดอกมีสีเหลืองซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เพราะมีการสะสม 8-HQS ในกลีบดอก กรดไอโซแอสคอร์บิก (Iso-ascorbic acid) กรดชนิดนี้ หรือเกลือโซเดียมแอสคอร์เบต (Sodium ascorbate) ความเข้มข้น 100 ppm ร่วมกับน้ำตาลซูโครสและ 8-HQS ใช้เป็นสารเคมีในการปักแจกันดอกไม้ ช่วยยืดอายุของดอกกุหลาบ คาร์เนชั่น และดอกลิ้นมังกร โซเดียมแอสคอร์เบตไม่เพียงแต่ทำหน้าที่เป็นสารต้านทานการออกซิเดชั่นเท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่เป็นสารถ่ายทอดอิเล็กตรอน และสารกระตุ้นการเจริญเติบโตด้วย นอกจากนี้ยังมีสารเคมีชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำยาปักแจกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2 (นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุญยเกียรติ, 2537)

ตารางที่ 2.2 สารเคมีฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดอกไม้

ชื่อสารเคมี	อักษรย่อที่นิยมใช้	อัตราความเข้มข้น
8 – Hydroxyquinoline sulfate	8 – HQS	200 – 600 ส่วนต่อล้าน
8 – Hydroxyquinoline citrate	8 – HQC	200 – 600 ส่วนต่อล้าน
Silver nitrate	$AgNO_3$	10 – 200 ส่วนต่อล้าน
Silverthiosulfate	STS	0.2 – 4 มิลลิโมลาร์
Thiabendazole	TBZ	5 – 300 ส่วนต่อล้าน
Quaternary ammonium salts	QAS	5 – 300 ส่วนต่อล้าน
Slow – release chlorine compounds	-	50 – 400 ส่วนต่อล้านของ
Aluminum sulphate	$Al_2(SO_4)_3$	คลอรีน
		200 – 300 ส่วนต่อล้าน

ที่มา: นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุญยเกียรติ (2537)

การประยุกต์ใช้ 8-HQS ในน้ำยาปักแจกัน

ปราณี แก้วเมืองกลาง (2554) ทำการศึกษาผลของสารเคมีและอุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพของดอกกุหลาบ โดยนำกุหลาบพันธุ์ดัลลัสมาทำการทดสอบกับสารละลาย 5 ชนิด คือน้ำกลั่น (ชุดควบคุม), น้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ $AgNO_3$ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรดซิตริก 30 มิลลิกรัมต่อลิตร, น้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ $AgNO_3$ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 8-HQS ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรดซิตริก 30 มิลลิกรัมต่อลิตร, น้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ 8-HQS ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และ $CaCl_2$ ความเข้มข้น 260 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ $Al_2(SO_4)_3$ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ

กรดซิตริก ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าดอกกุหลาบที่ปักในสารละลายเคมีต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และ 5 องศาเซลเซียส นั้นทำให้ดอกกุหลาบมีการดูดน้ำดี สีของดอกสด การบานของดอกดี การโค้งงอของคอดอกน้อย การเหี่ยวและการเปลี่ยนสีของกลีบดอกน้อยกว่าชุดควบคุม ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ได้ และการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด อาจเนื่องมาจากสารเคมีประกอบไปด้วยน้ำตาลซูโครสที่เป็นแหล่งอาหารที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง ส่วนสาร $AgNO_3$ กับ 8-HQS สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ลดการอุดตันของน้ำ และสาร $CaCl_2$ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง และสารอื่นๆที่ส่งผลต่อดอกไม้ทำให้มีการยืดอายุการใช้งานได้นานขึ้นตามไปด้วย

กาญจนา รุ่งรัชกานนท์ และอรุณรัตน์ อนันตทัศน์ (2553) โดยศึกษาศักยภาพของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช 3-Indolebutyric acid (IBA) และ 6 Benzylaminopurine (BAP) ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์แอนนา ทำการศึกษาโดยใช้สารละลายที่มีองค์ประกอบหลัก คือ น้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ 8-Hydroxyquinoline sulfate (8-HQS) ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติมสาร IBA 50 ppm หรือ BAP 50 ppm หรือ IBA 50 ppm ร่วมกับ BAP 50 ppm โดยมีน้ำกลั่นและสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ 8-HQS ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นตัวควบคุม ทำการบรรจุดอกกล้วยไม้แบบเปียกด้วยสารละลายต่างๆ เลียนแบบสภาพการส่งออก รวมเป็นเวลา 3 วัน จึงนำดอกกล้วยไม้มาศึกษาการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบาน และอายุการปักแจกัน ผลการทดลอง พบว่าการใช้สาร IBA 50 ppm ร่วมกับ BAP 50 ppm สามารถยืดอายุการปักแจกันกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์แอนนาได้นานที่สุดถึง 21.5 วัน และชะลอการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบาน

วชิรญา อิ่มสบาย และ ปนัดดา จำปาพันธ์ (2550) ได้ทำการทดลองเพื่อชะลอการบานของดอกมะลิลาระหว่างการเก็บรักษา โดยแช่ดอกมะลิลาระยะดอกตูมในสารละลาย silver nitrate ($AgNO_3$) ความเข้มข้น 15-60 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 8-hydroxyquinoline sulfate (HQS) ความเข้มข้น 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับดอกมะลิลาที่แช่ในน้ำกลั่นก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 95±2 เปอร์เซ็นต์) พบว่าดอกมะลิลาที่แช่ในสารละลาย $AgNO_3$ และ HQS ทุกระดับความเข้มข้นสามารถชะลอและลดการบานของดอกมะลิลาได้ ซึ่งดอกมะลิลาที่แช่สารละลาย $AgNO_3$ ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และ HQS ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์ดอกแย้ม 28.44 และ 35.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารละลาย $AgNO_3$ และ HQS สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของดอกมะลิลาได้

Abdul-Wasea and Asrar (2011) ทำการศึกษาผลของการน้ำยาปักแจกันในการรักษาคุณภาพของดอกลิ้นมังกร (*Antirrhinum majus* L.) โดยปักแจกันในสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ 8-HQS ความเข้มข้น 200 ppm , แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ 8-HQS ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปักในน้ำกลั่น, แช่ด้วย silver thiosulfate (STS) ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปักในน้ำกลั่น, แช่ด้วย silver thiosulfate (STS) ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปักที่สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และปักแจกันในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) พบว่าทุกทรีทเมนต์สามารถยืดอายุและรักษาคุณภาพของดอกลิ้นมังกรได้เมื่อเปรียบเทียบกับการปักในน้ำกลั่น ดอกลิ้นมังกรที่ปักแจกันในสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ 8-HQS ความเข้มข้น 200 ppm มีอัตราการดูดน้ำ ความสมดุลของน้ำในก้านดอก การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดและมีอายุการปักแจกันนานถึง 18 วัน นอกจากนี้ยังสามารถชะลอการเสื่อมสภาพคลอโรฟิลล์ของใบได้

2.7.4 เกลือแร่

เกลือแร่หลายชนิดที่มีอยู่ในน้ำที่ใช้แช่หรือปักแจกันดอกไม้ ทำให้ดอกไม้มีอายุการปักแจกันสั้น แต่ก็มีเกลือแร่บางชนิดที่มีประโยชน์ในการยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับสารเคมีชนิดอื่นๆ (สายชล เกตุษา, 2531) สารประกอบแคลเซียมที่ใช้ในน้ำยาปักแจกันมีหลายรูปแบบ เช่น CaO $CaCl_2$ และ $Ca(NO_3)_2$ พบว่าถ้าใช้แคลเซียมร่วมกับเกลือเงินจะช่วยยืดอายุของดอกไม้ ถ้าใช้แคลเซียมร่วมกับเกลือโปแตสเซียมช่วยป้องกันไม่ให้ก้านดอกอ่อนโค้ง และแคลเซียมยังช่วยให้เซลล์ก้านดอกแข็งแรง (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) แคลเซียมมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช โดยแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบเพคติน ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซลล์ ซึ่งทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงขึ้นนอกจากนี้แคลเซียมยังช่วยรักษาสมดุลการผ่านเข้าออกของสารภายในเซลล์และสามารถยับยั้งการสร้างเอทิลีนได้ (เพชรพนา สงวนวงษ์วิจิตร, 2541) Suisuwan (1986a) รายงานว่าดอกกล้วยไม้หวายปอมปาดัวร์ที่นำมาพัลซิ่งเป็นเวลา 30 นาที ในสารละลายเกลือเงิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 แล้วปรับ pH ของสารละลายให้เท่ากับ 4 โดยใช้กรดซิตริค ทำให้ดอกกล้วยไม้มีอายุการปักแจกัน 12 วัน ในขณะที่พวกไม่ได้ทำพัลซิ่ง มีอายุการปักแจกัน 5 วัน การใช้แคลเซียมไนเตรท ร่วมกับ 8- HQS 220 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ $AgNO_3$ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 2 จะช่วยส่งเสริมการดูดน้ำ ชะลอการเหี่ยว และยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้หวายขาวพันธุ์ Asuka White (จรรยา ผาสุก, 2537) สอดคล้องกับภัทราวดี ประภัสรานันท์ (2536) รายงานว่าการใช้ $CaCl_2$ ร่วมกับ 8- HQS 225 มิลลิกรัม

ต่อลิตรร่วมกับ $AgNO_3$ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 4 ช่วยยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ซันไรส์ได้

2.7.5 สารยับยั้งเอทิลีน

สารเคมียับยั้งการสร้างเอทิลีนมีหลายชนิด เช่น Aminoethoxyvinyl glycine (AVG) Aminooxyacetic acid (AOA) และ Methoxyvinyl glycine (MVG) (สายชล เกตุษา, 2531) และสารเหล่านี้มีข้อจำกัด คือ สาร AVG เป็นสารที่มีราคาสูง ส่วน AOA ใช้ได้ผลดีไม่ต่างจาก AVG และราคาไม่แพง แต่มีความเป็นพิษต่อคนและสัตว์สูงมาก (พีรเดช ทองอำไพ, 2529) Baker (1997) ได้ทดลองใช้สาร AOA ความเข้มข้น 55 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 2 และ HQC 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่ก้านดอกคาร์เนชั่น สามารถยืดอายุการปักแจกันจากเดิม 7 วัน เป็น 14 วัน นอกจากนี้เกลือแร่และสารฆ่าเชื้อโรคบางชนิด ยังมีผลยับยั้งการทำงานและการผลิตเอทิลีน เช่น Ag Ni Co HQ และ $AgNO_3$ (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) ดอกคาร์เนชั่นที่ผ่านการพัลซิ่งด้วย silver thiosulfate complex (STS) ซึ่งเตรียมได้จาก $AgNO_3$ สามารถยืดอายุการปักแจกันได้ เนื่องจาก $AgNO_3$ มีผลยับยั้งการผลิตเอทิลีนของดอกไม้ (Reid และคณะ, 1980) ศิริพร วรกุลดำรงชัย (2529) รายงานว่า ดอกเยอบีราที่ทำการพัลซิ่ง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในสารละลาย $AgNO_3$ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 5 มีอายุการปักแจกันเพิ่มขึ้น เนื่องจาก $AgNO_3$ ช่วยส่งเสริมการดูดน้ำของก้านช่อดอกและยังสามารถยับยั้งการทำงานและการผลิตเอทิลีน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดอกไม้เสื่อมสภาพเร็ว นอกจากนี้ Suisuwan (1986b) รายงานว่า ดอกกล้วยไม้พันธุ์หวายขาวสามารถยืดอายุการใช้งานได้เกือบ 2 เท่า ถ้าทำการพัลซิ่งเป็นเวลา 30 นาที ด้วยซิลเวอร์ไนเตรท 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 แล้วปรับ pH ของสารละลายให้เท่ากับ 4 โดยใช้กรดซิตริค เพราะซิลเวอร์ไนเตรทจะช่วยส่งเสริมการดูดน้ำของก้านช่อดอกกล้วยไม้และยับยั้งการผลิตเอทิลีนได้

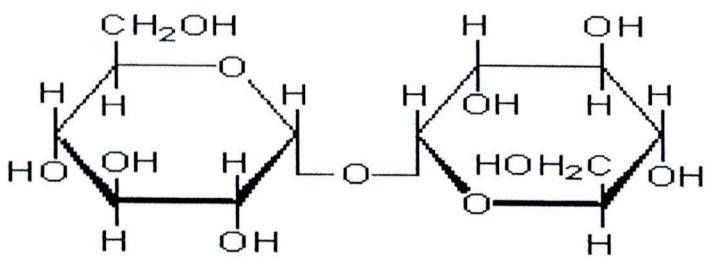
2.7.6 กรดอินทรีย์

สารส่งเสริมคุณภาพอาจมีการเติมกรดอินทรีย์เพื่อปรับสภาพ pH ของสารละลายให้อยู่ในรูปกรดอ่อน เพื่อให้ก้านดอกไม้ดูดน้ำได้ดีขึ้น ช่วยให้ดอกไม้เหี่ยวช้าลง ซึ่งกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ คือ กรดซิตริค ที่ระดับความเข้มข้น 50 - 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ได้ผลดีกับดอกกุหลาบ เบญจมาศ คาร์เนชั่น กล้วยไม้และแกลดิโอลัส (นิธิยา รัตนาปนนท์ และคนัย บุณยเกียรติ, 2537) นอกจากนี้กรดเบนโซอิกที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยยืดอายุการใช้ประโยชน์ของดอกหน้าวัวและสามารถลดการผลิตเอทิลีนในดอกไม้ได้ ส่วนโซเดียมเบนโซเอทช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกคาร์เนชั่น (ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545) วสุ สันติมิตร (2524) รายงานว่าการทำพัลซิ่งดอกกุหลาบสีแดงด้วยซิลเวอร์ไนเตรท 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 และกรดซิตริค 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น

เวลา 15 นาที ช่วยส่งเสริมการดูดน้ำของก้านช่อดอก ทำให้ดอกไม้เหี่ยวช้า และมีอายุการปักแจกันนานขึ้น ส่วนดอกหน้าววัพันธุ์ดวงสมร ที่ทำการพัลซิ่งด้วยซิลเวอร์ไนเตรท 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 15 นาที และนำมาพัลซิ่งอีกครั้งด้วยน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 ร่วมกับกรดซิตริค 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้ดอกไม้ดูดน้ำได้ดีขึ้น รอยช้ำที่ก้านคอดอกจะเกิดช้า ทำให้มีอายุการใช้งานนาน 9 วัน (ช.ณิฎฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545)

2.8 น้ำตาลทรีฮาโลส

ชื่อ " ทรีฮาโลส " มาจาก Trehala manna ที่เป็นตัวหนอนของแมลงเต่าทองในตระกูล Larinus ซึ่งเป็นแหล่งแรกที่พบทรีฮาโลส ซึ่งน้ำตาลทรีฮาโลสเป็นน้ำตาลที่ไม่เกิดการรีดิวซ์ (nonreducing saccharine) ประกอบด้วยกลูโคส 2 โมเลกุลเชื่อมกันด้วยพันธะแบบ α,α – 1,1 ซึ่งจะต่างกับน้ำตาลมอลโตสที่เป็นน้ำตาลที่รีดิวซ์ได้ ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสสองโมเลกุลเช่นกัน แต่เชื่อมด้วยพันธะแบบ α - 1,4 สิ่งมีชีวิตหลายชนิดมีความสามารถในการผลิตทรีฮาโลส แต่สิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญในการผลิตทรีฮาโลสมากที่สุดคือ จุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์จำพวกยีสต์และแบคทีเรีย แบคทีเรียพรอพิโอนิกบางสายพันธุ์มีความสามารถในการผลิตทรีฮาโลสและสะสมไว้ภายในเซลล์ (Cardoso และคณะ, 2004) ในธรรมชาติจะพบน้ำตาลทรีฮาโลสในเห็ดชิตาเกะและเห็ดอื่นๆ ในยีสต์ที่ทำขนมปัง เครื่องดื่ม สาหร่าย กุ้ง และอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งเป็นอาหารที่มนุษย์ใช้บริโภคกันมานาน (นงลักษณ์ สิทธิเจริญชัย, 2545) สูตรโมเลกุลของทรีฮาโลส คือ $C_{12}H_{22}O_{11}$ และมีโครงสร้างทางเคมีดังนี้



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลทรีฮาโลส
ที่มา : นงลักษณ์ สิทธิเจริญชัย (2545)

2.8.1 คุณสมบัติของทรีฮาโลส

มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้ดี มีรสหวานอ่อน โดยน้ำตาลทรีฮาโลสเป็นน้ำตาลที่มีความหวานน้อย โดยมีความหวานประมาณ 45% ของน้ำตาลทราย ละลายได้ดีทั้งในน้ำ

และแอลกอฮอล์มีความหนาแน่น 1.039 และมีจุดหลอมเหลวที่ประมาณ 96 องศาเซลเซียส ถ้าเกิน 100 องศาเซลเซียส ผลึกจะลดลงของน้ำแล้วกลับไปเป็นของแข็ง

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลชนิดต่างๆ

ชนิดน้ำตาล	ความหวานเปรียบเทียบกับสารละลายน้ำตาลทราย 15 เปอร์เซ็นต์ (กรัมต่อลิตร)
แลคโตส	40
ทรีฮาโลส	45
เดร็กโทส	70 – 80
ฟรุกโตส	150 – 170
ซูโครส(น้ำตาลทราย)	100

ที่มา : Portmann และ Birch (1995)

น้ำตาลทรีฮาโลสมีคุณสมบัติและหน้าที่ช่วยในการป้องกันสารชีวโมเลกุลจากภาวะเครียด (stress) ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม ทำให้พืชหลายชนิดสามารถเติบโตและรอดชีวิตได้ในภาวะแห้งแล้งและขาดน้ำ จึงเรียกน้ำตาลทรีฮาโลสว่า แอนไฮโดรไบออนต์ (anhydrobiont) การสะสมทรีฮาโลสภายในเซลล์เกิดขึ้นภายใต้สภาวะเครียดหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิต่ำ ความเข้มข้นของเกลือสูง และสภาวะอื่นที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ (Hugenholtz และคณะ, 2002) ทรีฮาโลสมีคุณสมบัติทั่วไป คือ เป็นสารที่มีความคงตัว ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ทรีฮาโลสจึงถูกนำไปใช้เป็นสารคงตัว (stabilizer) และใช้เป็นสารรักษาความชื้น มีการดูดซับความชื้น (Hygroscopicity) ต่ำ (Insel และคณะ, 2010) น้ำตาลทรีฮาโลสเป็นน้ำตาลที่รีดิวซ์ไม่ได้ จึงมีความคงทนต่อกรด ด่างและความร้อน รวมทั้งไม่เสื่อมสภาพในระหว่างการผลิตหรือการเก็บรักษา ดังนั้นน้ำตาลทรีฮาโลสจึงไม่เกิดสีน้ำตาล (Millard reaction) แม้จะมีโปรตีนหรือกรดอะมิโน (นงลักษณ์ สิทธิเจริญชัย, 2545)

การประยุกต์ใช้น้ำตาลทรีฮาโลสกับน้ำยาปักแจกัน

Iwaya-Inoue และ Takata (2001) ทำการศึกษาลักษณะกลีบดอกของดอกทิวลิป (*Tulipa gesneriana* L.) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าดอกทิวลิปแสดงอาการเหี่ยวและหลุดร่วงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา การปักแจกันในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ chloramphenicol (CAP) 50 ไมโครโมลาร์ สามารถยืดอายุการปักแจกันนานขึ้น 4 วัน หรือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำกลั่น หรือการใช้ CAP อย่างเดียว นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียน้ำ ช่วยในการขยายตัวของเซลล์ แต่อย่างไรก็ตามกลีบดอกทิวลิปแสดงการเหี่ยวเล็กน้อย

Otsubo และ Iwaya (2000) ทำการศึกษาลักษณะช่อดอกแกลดิโอลัส ที่เก็บรักษาภายใต้แสงสว่าง 14 ชั่วโมง และในความมืด 10 ชั่วโมง พบว่าช่อดอกแกลดิโอลัสแสดงอาการเหี่ยวในวันที่ 4 ภายหลังการเก็บรักษา การใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส ความเข้มข้น 0.1 โมลลาร์ สามารถยืดอายุช่อดอกแกลดิโอลัสได้นานขึ้น 2 วัน และสามารถเพิ่มการบานของดอกย่อยได้ จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 วัน ยังพบว่าดอกย่อยสามารถรักษาระดับน้ำภายในช่อดอกได้ดีกว่าการปักในน้ำกลั่น นอกจากนี้น้ำตาลทรีฮาโลสสามารถรักษาระดับการทำงานของเซลล์เนื้อเยื่อลำเลียงและเซลล์ของดอกแกลดิโอลัสได้และทำให้มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นในกลีบดอกทำให้กลีบดอกสดกว่าการปักในน้ำกลั่น

Wada และคณะ (2005) ทำการศึกษาผลของน้ำตาลทรีฮาโลสต่ออายุการปักแจกันของดอกทิวลิป 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ 'Oxford' และสายพันธุ์ 'Pink Diamond' โดยใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำตาลทรีฮาโลสสามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกทิวลิปทั้ง 2 สายพันธุ์ได้มากกว่าการปักในน้ำกลั่น และทำการศึกษาการดูดน้ำของเซลล์กลีบเลี้ยงของดอกทิวลิป พบว่าเซลล์ของดอกทิวลิปทั้ง 2 ชนิดมีการเจริญต่างกัน โดยเซลล์มีการขยายตัวออกตามทางยาวต่างกันทำให้เซลล์มีขนาดที่แตกต่างกัน แต่การขยายตัวของเซลล์ไม่มีผลต่อการดูดน้ำทำให้มีการดูดน้ำใกล้เคียงกัน และเมื่อใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส พบว่าน้ำตาลทรีฮาโลสสามารถช่วยในการขับเคลื่อนน้ำทำให้มีการดูดน้ำได้ดีกว่าการปักในน้ำกลั่น นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสภาพเซลล์ของกลีบเลี้ยง และเพิ่มความเข้มสีของกลีบเลี้ยงด้วย

Anil และ William (2006) พบว่าการปักดอกทิวลิปในน้ำตาลทรีฮาโลส ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการปักแจกันได้นานขึ้น 18 – 37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำกลั่น

Yamada และคณะ (2003) ศึกษาการเสื่อมสภาพของเซลล์ในดอกแกลดิโอลัส โดยทำการปักดอกแกลดิโอลัสในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส ความเข้มข้น 0.01 0.05 0.1 และ 0.3 M พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำตาลทรีฮาโลสส่งผลต่อการชะลอการแตกหักของนิวเคลียส เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้นสามารถชะลอการแตกหักของนิวเคลียสได้ดีขึ้นตามลำดับ

2.9 กิจกรรมของอินเวอร์เทส (invertase activity)

พืชมีการลำเลียงอาหารจากเนื้อเยื่อในส่วนที่เกิดขบวนการย่อยสลายอาหารลำเลียงไปยังส่วนที่ต้องการอาหารเช่น เนื้อเยื่อสะสมอาหาร และเนื้อเยื่อกำลังเจริญเติบโต โดยส่วนมากพืชจะลำเลียงน้ำตาลซูโครสไปยังส่วนต่างๆ ผ่านทางท่ออาหารหรือผ่านทางเซลล์สะสมอาหาร ซึ่งน้ำตาลซูโครสสามารถสะสมได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ หรือมีมากถึง 500 ไมโครโมลาร์ อยู่ภายในเซลล์ พืชสามารถผลิตเอนไซม์

ในการย่อยสลายน้ำตาลซูโครสเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึม 2 ชนิด คือ เอนไซม์ sucrose synthase และเอนไซม์อินเวอร์เทส โดยเอนไซม์ sucrose synthase เมื่อทำปฏิกริยาจะได้ UDP-glucose และน้ำตาลฟรุกโตส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สามารถย้อนกลับได้มีการผลิตในส่วนของ cytosol ส่วนกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทส (β-fructofuranosidase, EC.3.2.1.26) สามารถทำปฏิกิริยาได้ที่ cytosol, vacuole และส่วนของ cell wall โดยเอนไซม์อินเวอร์เทสสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ (Kim และคณะ, 2000; Tymowska-Lalanne และ Kreis, 1998) เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นเอนไซม์ที่สำคัญต่อพืช โดยเฉพาะในส่วนที่กำลังเจริญเติบโต บริเวณที่มีการสะสมอาหาร และบริเวณที่พืชเกิดความเครียด (Benhamou และคณะ, 1991)

ตำแหน่งการเกิดกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทส

1) vaculolar invertase คือ อินเวอร์เทสที่อยู่ในแวคิวโอล สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกรด (acid invertase) (pH 5) และ cytoplasmic invertase คือ อินเวอร์เทสที่อยู่ในไซโตพลาสซึม สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกลางหรือเบส (neutral/alkaline invertase) (pH ประมาณ 7.0-7.8) (Ma และคณะ, 2000; Sherson และคณะ, 2003; Pramanik และคณะ, 2004)

2) cell wall invertase หรือ extracellular invertase เป็นอินเวอร์เทสที่อยู่ที่ผนังเซลล์ สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกรด (acid invertase) (pH 4.5) (Zhou, 2000; Andersen และคณะ, 2002)

เอนไซม์อินเวอร์เทสสามารถจำแนกตามค่า pH โดยพืชสามารถแบ่งกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสออกเป็น 2 แบบ คือ แบบค่าเป็นกลาง และแบบเป็นกรด (acid invertases) โดย acid invertases มีความสำคัญพิเศษ โดยเป็นเอนไซม์ชนิดเดียวที่สามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในส่วนนอกเซลล์ เช่น vacuolar invertase หรือ cell wall invertase โดย acid invertases มีหน้าที่ในการขนย้ายน้ำตาลซูโครสจากเนื้อเยื่อไปยังส่วนต่างๆ ของพืชและเพื่อปรับสมดุลระหว่างสัดส่วนของน้ำตาลเฮ็กโซสและน้ำตาลซูโครสให้มีความเหมาะสมกัน โดยความสมดุลนั้นมีผลต่อการพัฒนาของพืชและ programmed cell death ของพืชได้ ดังนั้นระดับของน้ำตาลเฮ็กโซสและน้ำตาลซูโครสมีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นขบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ (Tanase และ Yamaki, 2000) ในการย่อยสลายน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส โดยเอนไซม์อินเวอร์เทส และการเคลื่อนที่ของซูโครสไปยังส่วนต่างๆของพืชนั้น เกิดขึ้นเพื่อให้พืชใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางชีวเคมี (biochemical) และแหล่งที่อยู่ (sub cellular locations) (Sturm, 1999) เอนไซม์อินเวอร์เทสมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ใช้ในการเจริญของเนื้อเยื่อที่ต้องใช้เฮ็กโซส (hexose) เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน (Ap Rees, 1974) หรือใช้ความแตกต่างของความ

เข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในการขับเคลื่อนน้ำตาลซูโครสจากแหล่งสร้างอาหาร (source) ไปยังแหล่งรับอาหาร และใช้ในการควบคุมความเต่งของเซลล์ เช่น การขยายขนาดของเซลล์ (cell expansion) (Meyer และ Boyer, 1981; Wyse และคณะ, 1986; Perry และคณะ, 1987) โดยในการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสด้วยเอนไซม์อินเวอร์เทส ในส่วนของ vacuole มีความสัมพันธ์กับการขยายตัวของเซลล์ โดยเอนไซม์อินเวอร์เทส มีผลต่อการควบคุมความดันน้ำทำให้มีการขยายตัวของเซลล์มากขึ้น (Klann และคณะ, 1996) เอนไซม์อินเวอร์เทสยังมีผลในการควบคุมการสะสมของน้ำตาลในแหล่งสะสมต่างๆ เช่น ผล ดอก ลำต้น และ ราก (Klann และคณะ, 1993) นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดบาดแผล หรือการเข้าทำลายต่างๆ ในพืช (Sturm และ Chrispeels, 1990; Benhamou และคณะ, 1991) กิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสยังขึ้นกับชนิดของพืชด้วย ดังรายงานต่อไปนี้ Woodson and Wang (1987) พบว่า soluble invertase และ reducing sugar เพิ่มขึ้นในระหว่างการพัฒนาของดอกคาร์เนชั่น โดยมีซูโครสเป็นแหล่งพลังงานและคาร์บอนที่สำคัญในการเจริญของกลีบดอกคาร์เนชั่น ส่วน Hawker และคณะ (1976) รายงานว่ากิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสและกิจกรรมเอนไซม์ sucrose synthase ในกลีบของดอกคาร์เนชั่น มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของน้ำตาลซูโครสและพบว่ากิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสมีกิจกรรมที่สูงกว่ากิจกรรมเอนไซม์ sucrose synthase ถึง 20 เท่า Bhowmik และคณะ (2001) ทำการศึกษาเอนไซม์อินเวอร์เทสในหน่อไม้ฝรั่ง พบว่าหน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสมากกว่าปริมาณน้ำตาลซูโครส แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์อินเวอร์เทสน่าจะไปย่อยสลายน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสจึงทำให้น้ำตาลซูโครสมีปริมาณน้อยและพบปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ทั้งนี้ Pan และคณะ (2005) กล่าวว่ากิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสสำคัญที่มีบทบาทควบคุมการเคลื่อนที่ซูโครสในผลแอปเปิ้ล นอกจากนี้ปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของอินเวอร์เทส โดย Khayat และ Zieslin (1987) พบว่ากิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสในใบของกุหลาบพันธุ์ Golden Times ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (12 องศาเซลเซียส) มากกว่าที่อุณหภูมิสูง (18 องศาเซลเซียส) ในทำนองเดียวกัน Kazunori และคณะ (2005) รายงานว่า มันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) มีการทำงานของอินเวอร์เทสสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (12 องศาเซลเซียส) และเอนไซม์อินเวอร์เทสยังพบในพืชอีกหลายชนิดในบริเวณของเนื้อเยื่อสะสมอาหารเช่น บีทรูท (Leigh และคณะ, 1979), เมล็ดข้าวโพด (Doehlert and Felker, 1987), ส่วนยอดของ jerusalem airtichoke (Goupil และคณะ, 1988), ผลมันฝรั่ง (Burch และคณะ, 1992 ; Zrenner และคณะ, 1996) ลูกแพร์ (Moriguchi และคณะ, 1991) และในผลไม้หลายชนิด (Yelle และคณะ, 1991) นอกจากนี้ทำการศึกษาผลพืชในประเทศญี่ปุ่นพบกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสสูงมากในผลที่ยังอ่อนและลดลงเมื่อพืชพัฒนาเข้าสู่ระยะสมบูรณ์และเมื่อผลพืชมีการสะสมปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อพืชอยู่ในวัยอ่อนต้องการนำสารอาหารไป

ใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงพบกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสสูง และเมื่อผลเจริญเติบโตเต็มที่จะเริ่มมีการสะสมอาหารภายในผล ทำให้กิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสลดลงและมีน้ำตาลซูโครสสะสมมากขึ้น (Moriguchi และคณะ, 1992; Tanase และ Yamaki, 2000) การเสื่อมสภาพของผลผลิตมีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสด้วย Halaba และ Rudnicki (1989) ทำการศึกษาในกลีบดอกไม้ที่เสื่อมสภาพและเกิดการหลุดร่วง พบมีกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสลดลงในดอกคาร์เนชั่น ดอกแกลดิโอลัส ดอกพิทูเนีย และดอกกุหลาบ การลดลงของกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสเกิดจากกลีบดอกที่หลุดร่วง มีการลำเลียงน้ำตาลออกจากกลีบดอกส่งไปยังส่วนอื่นๆ ของต้น ทำให้สารตั้งต้นของกิจกรรมลดลงมีผลให้กิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสลดลงด้วย