ผลของน้ำตาลในสารละลายยืดอายุที่มีต่อเมแทบอลิซึมของน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

Effects of Sugars in Vase Solution on Sugar Metabolism and Invertase Activity in *Dendrobium* Flowers

คำนำ

กล้วยไม้เป็นไม้ตัดดอกเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2548 มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 2,538 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) และการส่งออกมีแนวโน้มของมูลค่าสูงขึ้นทุกปี โดยเฉพาะกล้วยไม้สกุลหวาย *(Dendrobium)* เป็นที่นิยมมากที่สุด มีปริมาณส่งออกถึง 80-85% ของปริมาณการส่งออกกล้วยไม้ทั้งหมด ประเทศไทยเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของกล้วยไม้เขตร้อน มีการปลูกทั่วประเทศ 39 จังหวัด โดยมีการปลูกเป็นการค้ากันมากใน 6 จังหวัด ได้แก่ นครปฐม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ราชบุรี นนทบุรี และพระนครศรีอยุธยา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) จึงทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกดอกกล้วยไม้ได้เป็นจำนวนมาก โดยคิดเป็นมูลค่ามากเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากเนเธอร์แลนด์ แต่มีสถานะภาพเป็นผู้ส่งออกดอกและต้นกล้วยไม้เมืองร้อนมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) ประเทศที่รับซื้อกล้วยไม้ที่สำคัญของไทยได้แก่ ญี่ปุ่น อเมริกา อิตาลี ฮ่องกง จีน เนเธอร์แลนด์ เยอรมันนี เกาหลี อังกฤษ เป็นต้น (กรมศุลกากร, 2547) และพันธุ์กล้วยไม้สกุลหวาย *(Dendrobium)* ที่ได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูก เช่น โซเนีย (Sonia) หรือ บอม (Bom) ปอมปาดัวร์ (Pompadour) ขาวสนาน (Sanan White) แอนนา (Anna) ซากุระ (Sakura) ซาบิน (Sabin) อินทุวงศ์ (Intuwong) ไวปาฮู (Waipahu) และขาว 5 เอ็น (Walter Oumae 5n) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โอกาสในการขยายตัวทางการตลาดต่างประเทศจึงเป็นไปได้มาก ทั้งนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ จะต้องทำให้ดอกไม้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานและความต้องการของตลาด ซึ่งเป็นปัญหาหลักอย่างยิ่งในการผลิตกล้วยไม้เพื่อส่งออก ในปัจจุบัน หากสามารถจัดการปัญหานี้ได้นั้น ประเทศไทยจะมีรายได้จากการจำหน่ายกล้วยไม้ตัดดอกเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล

ปัญหาคุณภาพของกล้วยไม้ตัดดอกดังกล่าวได้แก่ โรคและแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายกล้วยไม้ เช่น โรคเน่าดำ โรคดอกสนิม โรคเกสรดำ เพลี้ยไฟ ไรแดง หนอนกระทู้หอม และ

บั่วกล้วยไม้ (สำอางค์, 2548) อายุการใช้งานสั้นลง (สมเพียร, 2532) หลังจากส่งถึงปลายทาง ผู้รับสินค้าประสบปัญหาดอกเหี่ยวและร่วง (สายชล และคณะ, 2528) และดอกตูมของดอกกล้วยไม้ที่ตัดมาแล้วมักจะไม่บาน (ครรชิต, 2547) เป็นต้น สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจาก ดอกกล้วยไม้หลังจากตัดจากต้นแม่แล้วจะถูกตัดจากแหล่งน้ำ แร่ธาตุ และอาหาร ดอกไม้ที่ตัดมาแล้วยังมีชีวิต และยังมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างเช่นเดียวกันกับขณะที่ยังอยู่บนต้นเดิม เช่น การหายใจ การสร้างเอทิลีน การคายน้ำ และการเปลี่ยนสีของกลีบดอก (สายชล, 2531) ดังนั้น ดอกไม้จะใช้อาหารสะสมที่มีอยู่ในกลีบดอก ซึ่งจะมีการย่อยสลายแป้งและคาร์โบไฮเดรตภายในให้อยู่ในรูปของน้ำตาล จากนั้นจึงนำมาใช้ในกระบวนการหายใจ (Rogers, 1973) แล้วได้พลังงาน (ATP) ไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไป ด้วยเหตุนี้ เมื่อน้ำตาลถูกใช้หมดไป เซลล์จะเริ่มตายและเสื่อมสภาพทำให้ดอกร่วง (Mastalerz, 1968) ดังนั้น น้ำตาลจึงเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของดอกไม้ สำหรับน้ำตาลที่ใช้ได้ผลดี คือ metabolic sugar เช่น ซูโครสและกลูโคส ซึ่งซูโครสเป็นน้ำตาลที่สำคัญที่สามารถเคลื่อนย้ายจากแหล่งอาหาร (source) ไปยังแหล่งรับอาหาร (sink) ได้ (Takvorian *et al*., 1997) โดยมีเอนไซม์อินเวอร์เทสทำหน้าที่เปลี่ยนจากซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตส เพื่อนำกลูโคสและฟรุกโตสไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมหรือเก็บสะสมไว้ภายในเซลล์ต่อไปสารละลายที่ใส่ในการยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้และการบรรจุเปียกสำหรับการส่งออก ประกอบด้วยน้ำตาลและสารฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำ (สายชล, 2531) และน้ำตาลที่นิยมใช้คือ ซูโครส จากรายงาน พบว่า เอนไซม์อินเวอร์เทสเป็นเอนไซม์สำคัญในเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และยังช่วยควบคุมการเคลื่อนที่ของซูโครสด้วย (Koch, 1996) ในการศึกษาการทำงานของอินเวอร์เทสมีรายงานในดอกไม้หลายชนิด ได้แก่ คาร์เนชั่น (Hawker *et al*., 2002) กุหลาบ (Khayat and Zieslin, 1987, 1989) และแกลดิโอลัส (Yamane *et al*., 1991) เป็นต้น แต่ยังไม่พบว่ามีรายงานในกล้วยไม้สกุลหวาย

ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาหาผลของการให้น้ำตาลในสารละลายที่มีต่อเมแทบอลิซึมของน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส ในดอกกล้วยไม้ตำแหน่งต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพัฒนา หรือเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพของกล้วยไม้ตัดดอกดังกล่าว

วัตถุประสงค์

การศึกษาผลของน้ำตาลในสารยืดอายุที่มีต่อเมแทบอลิซึมของน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกกล้วยไม้สกุลหวายมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาการตอบสนองต่อสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกันที่มีน้ำตาลชนิดต่างๆ เป็นองค์ประกอบในดอกกล้วยไม้สกุลหวายระหว่างการปักแจกัน

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลของดอกกล้วยไม้สกุลหวายระหว่างการปักแจกัน

3. วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของน้ำตาลในดอกกล้วยไม้สกุลหวายระหว่างการปักแจกัน

การตรวจเอกสาร

กล้วยไม้สกุลหวาย *(Dendrobium)* จัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae และ สกุล *Dendrobium* เป็นสกุลที่ใหญ่ที่สุดสกุลหนึ่งมีประมาณ 1,400 ชนิด สามารถเป็นได้ทั้งไม้ตัดดอกและไม้กระถางมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (ครรชิต, 2547) พบว่ามีการแพร่กระจายพันธุ์ออกไปในบริเวณกว้างทั้งในทวีปเอเชียและหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก จึงทำให้กล้วยไม้สกุลหวายมีรูปร่างลักษณะทั้งดอก ใบ และลำลูกกล้วยแตกต่างกันออกไปอย่างกว้างขวาง จึงแยกออกได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ หวายป่าของไทย เป็นกล้วยไม้ที่มีความสวยงาม มีสีสันสดใส แต่มีก้านช่อดอกสั้นเหมาะสำหรับดูเล่นและเพื่อค้นคว้าในการปรับปรุงพันธุ์ เช่น เอื้องผึ้ง เอื้องม่อนไข่ เหลืองจันทรบูร เป็นต้น และอีกชนิดคือ หวายต่างประเทศ เป็นกล้วยไม้ที่มีความสำคัญทางการค้า ใช้สำหรับปลูกเลี้ยงสำหรับตัดดอกขายกัน เช่น หวายฟาแลนนอฟซีส หวายกูลดิอี้ หวายปอมปาดัวร์หรือหวายมาดาม เป็นต้น (บรรณ, 2534) อย่างไรก็ตาม มีการรายงานว่ากล้วยไม้ที่ผลิตเพื่อการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศนั้น จำเป็นต้องผลิตให้ได้ดอกที่มีคุณภาพดี บานทน และมีลักษณะดี สีสดใส ซึ่งมีเกณฑ์ ในการพิจารณาคัดเลือกต้นลูกผสมที่เหมาะสมจะเป็นไม้ตัดดอกดังนี้ เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ต้านทานโรคและแมลง มีฤดูกาลออกดอกตลอดปี หรือออกดอกในช่วงที่ตลาดต่างประเทศมีความต้องการสูง เช่น ในช่วงฤดูหนาว ให้ผลผลิตต่อปีสูง รูปร่างลักษณะดอกขนาดใหญ่ กลีบกว้าง ความยาวก้านเหมาะสม ดอกตูมไม่ร่วงก่อนที่ดอกจะบาน อายุการใช้งานนานกว่า 7 วัน (ครรชิต, 2547)

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วยไม้สกุลหวาย

กล้วยไม้สกุลหวายมีการเจริญเติบโตแบบฐานร่วม หรือแบบแตกกอ (sympodial) คือ มีเหง้า (rhizome) ซึ่งเป็นลำต้นที่แท้จริงไปตามแนวนอน (ระพี, 2530) โดยมีการเจริญแตกยอดอ่อนให้หน่อใหม่เกิดขึ้นเรื่อยๆ และมีการส่งก้านชูใบขึ้น เพื่อช่วยในการเก็บน้ำและอาหารเรียกส่วนนี้ว่าลำลูกกล้วย (pseudo-bulb) (จิตราพรรณ, 2525) ส่วนของลำลูกกล้วยนี้มีข้อ ปล้อง ตา อาจแตกเป็นหน่อเกิดเป็นเหง้าเล็กๆ สามารถเจริญเติบโตได้ และลำลูกกล้วยอาจจะมีใบเดียวหรือหลายใบออกมาจากข้อ แผ่นใบมีลักษณะกว้าง ยาวและหนา ยอดแต่ละยอดจะมีความสูงที่จำกัด ซึ่งอาจทำให้กล้วยไม้ตั้งขึ้น เลื้อยหรือห้อยลงก็ได้ขึ้นอยู่กับจุดที่ยอดใหม่เกิดขึ้นและระยะระหว่างยอดเก่ากับยอดใหม่ กล้วยไม้ที่มีการเติบโตแบบนี้อาจมีช่อดอกที่ปลายยอด หรือโคนต้น หรือบนต้นก็ได้ ขณะที่รากจะเกิดเฉพาะโคนของยอดใหม่เท่านั้นและมีระบบรากแบบกึ่งอากาศ (semi-epiphyte) โดยปกติจะอาศัยเกาะอยู่ตามต้นไม้ รากบางส่วนจะชอนไชไปตามเปลือกไม้ บางส่วนจะเกาะยึด

แนบสนิทกับต้นไม้นั้น (ไพบูลย์, 2521) สำหรับใบของกล้วยไม้นั้น จะมีสีสัน ขนาด ตามแต่ละชนิด ใบแบน ยาว มีหน้าตัดรูปตัววี (v) เส้นกลางใบหรือเส้นย่อยๆ จะอยู่ในลักษณะขนานกันไปตามความยาวของใบ แผ่นใบจะชิดกับกาบใบ ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบางต่อลงไปจากโคนใบเชื่อมโยงระหว่างโคนใบกับลำต้น กาบใบจะโอบรอบลำลูกกล้วยตรงส่วนปล้อง ซึ่งอยู่เหนือจากข้อที่โคนกาบใบ

กล้วยไม้สกุลหวายมีลักษณะช่อดอก (inflorescence) เป็นแบบ racemose ซึ่งเป็นช่อดอกที่มีลักษณะส่งก้านยาวโดยไม่แตกแขนง จะออกช่อดอกจากข้อ ซึ่งอยู่ที่ปลายลำลูกกล้วยหรือตามข้อซึ่งอยู่ถัดลงมาทางส่วนโค้งของลำลูกกล้วย ดอกที่โคนช่อดอกจะบานก่อนและบานไล่ไปที่ดอกอ่อนกว่าตามลำดับ และขึ้นไปยังปลายยอดของช่อที่มีดอกอ่อนที่สุด ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ (hermaphroditic หรือ bisexual flower) คือ เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่บนส่วนเดียวกัน มีลักษณะเป็นเดือยหรือส่วนที่ยื่นออกมาจากกลางดอกเรียกว่า เส้าเกสร (column) (ระพี, 2530) ดอกประกอบด้วยกลีบวงนอก (sepal) 3 กลีบ และกลีบดอกวงใน (petal) 3 กลีบ กลีบดอกวงนอกมีลักษณะคล้ายกันทั้ง 3 กลีบ สำหรับกลีบดอกวงในนั้นมีลักษณะต่างกัน โดยกลีบในคู่หนึ่งมีลักษณะเหมือนกัน ส่วนกลีบในกลีบที่สามเปลี่ยนลักษณะไปเป็นแผ่นปาก (lip หรือ labellum) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยล่อแมลง และดอกกล้วยไม้มีการบิดหากอยู่ในช่วงที่ดอกกำลังพัฒนาตาดอกหรือดอกตูมจะบิดเพื่อให้ปากอยู่ส่วนล่างของดอกเมื่อบาน เรียกการบิดของดอกว่า resupination (ครรชิต, 2547) ปลายสุดของเส้าเกสรเป็นที่อยู่ของอับเรณู (anther) อยู่เหนือส่วนที่เรียกว่า จะงอย (rostellum) ซึ่งกั้นอยู่ระหว่างอับเรณูและยอดเกสรตัวเมีย (stigma) เพื่อป้องกันมิให้เกิดการผสมตัวเอง ยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะเป็นแอ่งเล็กๆ อยู่ด้านหน้าของเส้าเกสร ภายในมีน้ำเมือกเหนียว (stigma fluid) เรณูมีสีเหลืองอยู่ในสภาพที่รวมตัวเป็นกลุ่มเล็กๆ เรียกว่า กลุ่มเรณูหรือก้อนเรณู (pollinia) มี 4 ก้อน ไม่มีก้าน (disc) กลุ่มเรณูมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งรูปไข่หรือรูปยาวรี ค่อนข้างแบน อับเรณูมีฝาปิดเรียกว่าฝาอับเรณู (anther cap หรือ operculum) บริเวณก้านดอกชิดกับโคนกลีบดอกเป็นส่วนของรังไข่ (ovary) ฉะนั้นรังไข่ของกล้วยไม้จึงอยู่ใต้ฐานรองดอก จัดเป็น epigeous flower (ระพี, 2516; ไพบูลย์, 2521) หากสังเกตจากตะเข็บหรือร่องที่ปรากฏภายนอกตามความยาวจะเห็นว่ามีการแบ่งรังไข่ออกเป็น 3 ซีก แต่กล้วยไม้ส่วนใหญ่ภายในโพรงรังไข่จะมีช่องเดียว แสดงว่า เกิดการรวมตัวของช่องทั้ง 3 ช่อง ไข่ (ovule) ซึ่งอยู่ภายในรังไข่จะติดอยู่กับสายรก (placenta) รวมกลุ่มกันเป็นสายยาวๆ 3 แถว ไปตามผนังด้านในของรังไข่ เมื่อไข่ได้รับการผสมจะเจริญขึ้นเป็นเมล็ด แล้วฝักเจริญและสุก รอยตะเข็บที่แบ่งฝักออกเป็น 3 ซีกตามความยาวก็จะปริและแตกออก เมล็ดกล้วยไม้ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดเล็ก ละเอียด ก็จะร่วงหล่นกระจายออกไปอย่างกว้างขวาง (ระพี, 2516) การที่เมล็ดมีน้ำหนักน้อยเนื่องจากไม่มีอาหารสะสม (endosperm) ส่วนเอ็มบริโอ (embryo) ประกอบด้วย

เซลล์พาเรนไคม่า (parenchyma cells) ขนาดเล็กสม่ำเสมอ จำนวนน้อย ไม่มีรากแรกเกิด (radicle) และใบเลี้ยง (cotyledon) และมีอาหารสะสมส่วนใหญ่เป็นไขมัน (lipid) (Hadley, 1982; Pritchard, 1984) สำหรับเมล็ดที่แข็งแรงมีพันธุกรรมที่สามารถทำให้เจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมนั้น เมล็ดจะงอกไปเป็นต้นกล้า ดังนั้น การที่มีเมล็ดจำนวนมากจะช่วยเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม เพิ่มโอกาสในการอยู่รอดและการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม (adaptation) ซึ่งนำไปสู่วิวัฒนาการในที่สุด แสดงถึงความสำเร็จของกล้วยไม้ในการปรับตัวและวิวัฒนาการ จากการใช้ประโยชน์จากเรณูสูงสุดและผลิตเมล็ดมากที่สุด (Behar, 1995)

2. ปัญหาของกล้วยไม้หลังการเก็บเกี่ยว

สำหรับปัญหาที่สำคัญของกล้วยไม้ที่ตัดออกมาจากต้น เพื่อที่จะส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ คือ ช่อดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ทำให้มีอายุการใช้งานหรืออายุการปักแจกันสั้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก การตัดดอกไม้มาจากต้นแม่นั้น ดอกไม้ยังคงเป็นของสดที่มีชีวิต และมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งทางด้านสรีรวิทยา และชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ เช่นเดียวกับที่อยู่บนต้น (สายชล, 2531) นอกจากนี้ ยังขึ้นกับคุณภาพของดอกไม้ อายุของดอกก่อนตัด และการดูแล การขนส่งหลังจากการตัดดอก พบว่า โดยประมาณ 1 ใน 3 ส่วนของอายุการบานของดอกไม้ภายหลังการปักแจกันขึ้นกับสภาพแวดล้อมก่อนตัด และอีก 2 ใน 3 ส่วนนั้นขึ้นกับการจัดการภายหลังการตัด (นิธิยา, 2526) ดังนั้น ความเสียหายจากการดูแลที่ไม่เหมาะสมทั้งก่อนและหลังจากตัดดอกจึงมีผลต่ออายุการปักแจกันด้วยเช่นกัน (ครรชิต, 2547) การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกวิธี มีหลายสาเหตุ เช่น ในการปฏิบัติจริงของชาวสวนส่วนใหญ่นั้น จะใช้มือหักช่อดอก เพราะทำได้สะดวกรวดเร็วกว่าการใช้กรรไกรหรือมีด พบว่า มีมากกว่า 80% ซึ่งจะทำให้เกิดรอยช้ำบริเวณเหนือรอยที่หัก ส่งผลให้ดอกกล้วยไม้ดูดน้ำได้น้อย (สายชล, 2531) ทำให้คุณภาพของดอกลดลง เหี่ยวเร็วขึ้น และผู้ส่งออกหลายรายพยายามบรรจุดอกกล้วยไม้ให้มากที่สุดเพื่อลดค่าขนส่ง นอกจากนี้ ดอกกล้วยไม้ยังไม่ได้รับน้ำยายืดอายุการปักแจกัน และลดอุณหภูมิก่อนทำการส่งออก ดังนั้น ปัญหาดังกล่าวจึงทำให้ถูกร้องเรียนว่า ดอกกล้วยไม้จากประเทศไทย ไม่สด เหี่ยว สีซีด ดอกร่วง บานไม่ทน และอายุการปักแจกันสั้น (สายชล, 2531) จากรายงาน Reid and Evans (1986) พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสมดุลของน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการร่วงและการบานของดอกไม้ และจตุรภัทร (2541) รายงานว่า ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ Jew Yuay Tew ที่ปักแจกันในสารละลายน้ำตาลให้ผลการยืดอายุการปักแจกัน คือ มีดอกตูมบาน น้ำหนักสดและการดูดน้ำเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น โดยการสลายน้ำตาลซูโครสจะมีเอนไซม์หลักที่สำคัญคือ อินเวอร์เทส (Dubey *et al*., 2003) เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทมากมาย แต่ที่

สำคัญคือ การย่อยสลายจากซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งเป็นแหล่งอาหารและสร้างพลังงานของดอกไม้ จึงมีส่วนทำให้ดอกไม้มีอายุการใช้งานที่นานขึ้น

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของดอกกล้วยไม้หลังการเก็บเกี่ยว

3.1 น้ำ

น้ำเป็นสารที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์พืช ช่วยละลายแร่ธาตุ และอาหาร อีกทั้งเป็นตัวกลางในการลำเลียงสารละลายต่างๆ ด้วย และน้ำยังมีส่วนในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของพืช มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการเมแทบอลิซึม ตลอดทั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ นอกจากนี้ น้ำยังช่วยรักษาสภาพความเต่งของเซลล์ (cell turgidity) และควบคุมอุณหภูมิภายในเซลล์ มิให้เกิดการผันแปรมากด้วย (สมบุญ, 2544) น้ำจากแหล่งต่างๆ นั้น จะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยเร่งหรือชะลอการเสื่อมคุณภาพของดอกไม้เมื่อนำมาใช้งาน จึงทำให้อายุการปักแจกันของดอกไม้แตกต่างกัน (ลพ, 2529; สายชล, 2531; Durkin, 1979; Nowak and Rudnicki, 1990) ดังนั้น การขาดน้ำหรือปริมาณน้ำในดอกไม่สมดุล จึงทำให้สภาพทางชีวเคมีในพืชเปลี่ยนไป Durkin and Kuc (1966) รายงานว่า การสูญเสียน้ำมากเกินไป จะทำให้ดอกไม้เหี่ยว ในดอกกุหลาบบนต้นจะมีอายุนานกว่าดอกกุหลาบที่ตัดจากต้น แสดงว่า พืชมีกระบวนการที่ทำให้เกิด anti-senescence ของดอก อาจเป็นไปได้ว่าที่ปัจจัยทาง anti-senescence นี้ คือน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำไม่สมดุล จึงทำให้เกิดอาการเหี่ยว สำหรับ Marousky (1972) พบว่า การที่กุหลาบเกิดก้านคอดอกอ่อนนั้นมาจากการขาดน้ำ ดอกกุหลาบตูมจะเสียหายตั้งแต่ยังไม่บานเป็นผลมาจากก้านคอดอกไม่มีเซลล์ที่มี lignin และ collenchyma cells ดังนั้น ความแข็งแรงของก้านคอดอกจึงขึ้นกับความเต่งของเซลล์ที่ก้านคอดอก และ Venkatarayappa *et al*. (1980) ได้ทดลองใช้ Co^{2+} พบว่า Co^{2+} ช่วยเพิ่มการดูดน้ำและลดการคายน้ำ โดยลดการเปิดของปากใบในกุหลาบพันธุ์ Samantha ป้องกันอาการก้านคอดอกอ่อน และเพิ่มอายุการปักแจกัน

นอกจากนี้ยังมีตัวการสำคัญที่ทำให้ท่อลำเลียงอุดตัน ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำไปใช้ได้นั่นก็คือ จุลินทรีย์ Larsen and Flolich (1969) พบว่า จุลินทรีย์เจริญเติบโตในท่อน้ำ ซึ่งจะมาอุดตันท่อน้ำและบางทีจะสร้างสารบางอย่างขึ้นมาขวางทางเดินท่อน้ำอีกด้วย (Accati, 1980) และสารที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจะกลายเป็นเมือก (slime plug) อุดตันทั้งท่อลำเลียงน้ำและอาหารที่โคนก้านดอกไม้ (Burdett, 1970) นอกจากนี้ มีรายงานอีกด้วยว่า บาดแผลที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวก็มีผล

โดยสิ่งที่อยู่ในท่ออาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต เพคติน แทนนิน ลิปิด และสารอื่นๆ ที่ถูกเอนไซม์แปรสภาพ มีส่วนอุดตันท่อลำเลียงด้วยเช่นกัน ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก ที่ทำให้ดอกไม้เกิดการขาดน้ำ ได้แก่ ดอกไม้ที่ถูกตัดจากต้นจะเกิด water stress ทำให้เกิดฟองอากาศภายในบริเวณท่อน้ำและขวางการลำเลียงของน้ำ (Rogers, 1973) หรือฮอร์โมนเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้ดอกไม้เกิดการขาดน้ำได้ (Mayak *et al*., 1977) เป็นต้น

ดังนั้น การปรับสมดุลของน้ำเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ได้ พบว่า น้ำกลั่นสามารถยืดอายุการปักแจกันดอกไม้และเพิ่มประสิทธิภาพของสารที่ใช้ยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ได้ดี (Staby and Erwin, 1987) นอกจากนี้ น้ำที่ผ่านการกรองด้วย Millipore filter จะสามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกกุหลาบได้ (Durkin, 1979) และน้ำที่มีค่า pH ต่ำ (3-4) จะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์น้อย เมื่อเทียบกับน้ำที่มีค่า pH สูง จึงทำให้ลดการอุดตันในท่อลำเลียงดอกไม้จึงสามารถดูดน้ำได้ดีขึ้น (Nowak and Rudnicki, 1990)

3.2 อาหาร

อาหารของดอกไม้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต พืชใช้คาร์โบไฮเดรตในกระบวนการต่างๆ เช่น การหายใจ การสร้างโครงสร้างต่างๆ และเก็บไว้ในรูปอาหารสะสมภายในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด ดอก ผล กิ่ง และใบ เป็นต้น โดยที่พืชจะย่อยสลายแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูปของน้ำตาล ซึ่งซูโครสเป็นน้ำตาลที่เคลื่อนที่ได้จะถูกส่งมายังแหล่งที่ต้องการอาหาร (sink) และเปลี่ยนจากซูโครสไปเป็นกลูโคสหรือฟรุคโตส นำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ต่อไป (Sherson *et al*., 2003) เช่น การเจริญเติบโตหรือถูกนำไปสร้างเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ (Salisbury and Ross, 1992) โดยปกติแล้วดอกไม้จะไม่มีคลอโรฟิลด์ ดังนั้น ดอกไม้จะไม่สามารถเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ อาหารสะสมจากกลีบดอกที่มีปริมาณจำกัดเพียงแหล่งเดียว และอาหารส่วนใหญ่ถูกใช้ในการดำรงชีพ (Rogers, 1973) ทำให้มีอาหารไม่เพียงพอต่อการพัฒนาของดอก เนื่องจากในขั้นตอนการพัฒนาของดอกจะมีการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ ดอกไม้จึงต้องดึงคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งอื่น เช่น ใบ หรือดอกข้างเคียง เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาของดอก Kalkman *et al*. (1995) กล่าวว่า ในการบานของดอกตูม อาจจะนำน้ำตาลส่วนหนึ่งมาจากลำต้น ส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแป้งเป็นกลูโคสและฟรุกโตส และอีกส่วนหนึ่งอาจมาจากดอกตูมที่อยู่ด้านล่างของช่อดอกนั้น

นอกจากนี้ เฉลิมชัย (2538) ยังพบว่า ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่ปลิดดอกบานทั้งหมดจะมีจำนวนดอกตูมบานน้อยที่สุด และรองลงมาคือการปลิดดอกบานออก 2/3 และ 1/3 ของดอกบานทั้งหมด และยังกล่าวว่าดอกบานมีความสำคัญต่อการบานของดอกตูม การปลิดดอกบานทำให้มีการดูดน้ำลดลง และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดน้อย ทั้งนี้ภายในช่อดอกเดียวกันจะมีการเคลื่อนย้ายอาหารจากดอกตูมหรือดอกบานข้างเคียงไป เพื่อการดำรงชีพและการพัฒนาเป็นดอกบานต่อไป (Yamane *et al.*, 1991) โดยดอกที่พัฒนาก่อนจะดึงอาหารไปใช้ได้มากกว่า ดอกบานจะทำหน้าที่คล้ายใบที่ช่วยดูดน้ำขึ้นไปในช่อดอก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดอกจัดเป็นใบที่เปลี่ยนรูปไปและยังคงมีปากใบอยู่ (Fahn, 1982) ทำให้น้ำจากเซลล์ข้างเคียงเข้าแทนที่ ต่อเนื่องกันถึงในท่อลำเลียงน้ำ ทำให้มีแรงดึงน้ำขึ้นไปทางท่อลำเลียงน้ำได้มากขึ้น (สมบุญ, 2544; Frank and Rose, 1992)

3.3 การหายใจ

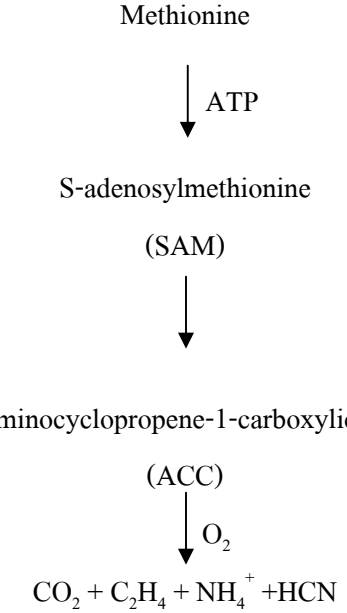
การหายใจเป็นกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ยังคงเกิดกับดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว ดอกไม้ที่มีคุณภาพดีควรมีสภาพการปลูกเลี้ยงที่ดี ปัจจัยต่างๆ เช่น แสง น้ำ และอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้ดอกไม้มีการสังเคราะห์แสงและอาหารสะสมมากที่สุด กลีบดอกไม้เป็นแหล่งสะสมน้ำตาลซูโครส เพื่อใช้ในการเจริญและพัฒนาของดอก ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายแป้งและน้ำตาลประเภท polysaccharide ใบจะทำหน้าที่สังเคราะห์น้ำตาลแล้วส่งไปสะสมที่กลีบดอก เพื่อใช้ในกระบวนการหายใจ เมื่อดอกไม้ถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจจนหมด เซลล์จะเริ่มตายและดอกจะร่วงโรย พบว่า มีหลายปัจจัยที่ควบคุมการหายใจ โดยปัจจัยที่เร่งอัตราการหายใจสูงสุด จะผลักดันให้กระบวนการหายใจเกิดขึ้นเร็วดอกไม้จะมีอายุการปักแจกันสั้นลง ในทางกลับกัน ปัจจัยที่ชะลออัตราการหายใจสูงสุด จะทำให้เกิดขึ้นช้า และดอกไม้จะมีอายุการปักแจกันนานขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วดอกไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจที่ไม่เท่ากัน Hew (1980) รายงานว่า ดอกกล้วยไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการบานสั้นกว่าดอกกล้วยไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ รวมทั้งอายุของดอกไม้ หากดอกไม้ยังมีอายุน้อย จะมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าดอกไม้ที่มีอายุมากกว่า และเมื่อเข้าสู่วัยชราภาพจะมีอัตราการหายใจสูง ต่อเมื่อดอกไม้หมดอายุการใช้งานจึงจะมีอัตราการหายใจต่ำ ทั้งนี้การเกิดบาดแผลก็ทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้นเช่นกัน ไม่ว่าจะเกิดจากสารเคมีเป็นพิษ กลีบดอกฉีกขาดหรือชอกช้ำ โรค แมลง การหายใจที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดบาดแผล เรียกว่า wound respiration (สายชล, 2531) นอกจากนี้ ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ บรรยากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์จะช่วยยับยั้งการหายใจของดอกไม้

สำหรับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชก็มีบทบาทต่อการหายใจ ทั้งในแง่ยับยั้งและส่งเสริม เช่น BA และ chlormequat จะช่วยยับยั้งการหายใจ ส่วนเอทิลีน abscisic acid และ naphthaleneacetic acid (NAA) จะช่วยส่งเสริมการหายใจ (สายชล, 2531) และยังมีสารเคมีอื่นๆ อีกบางชนิดที่สามารถยับยั้งการหายใจของดอกไม้ได้

3.4 การสร้างเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่อยู่ในสถานะก๊าซ ซึ่งกระตุ้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต พัฒนาการ และการเสื่อมสภาพของพืช เอทิลีนถูกผลิตขึ้นจากทุกส่วนของพืชชั้นสูง ได้แก่ ใบ ราก ลำต้น ดอก ผล หัว และต้นกล้า และเอทิลีนที่ถูกผลิตขึ้นนี้มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ภายในพืช ตั้งแต่การงอกจนถึงการเสื่อมสภาพ (Yang and Hoffman, 1984) การสังเคราะห์เอทิลีนจะมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการตัดดอก (พีรเดช, 2537) ทั้งนี้ดอกไม้แต่ละชนิดสามารถผลิตเอทิลีนและทนต่ออันตรายจากเอทิลีนในปริมาณที่แตกต่างกัน อันตรายที่ดอกไม้ได้รับจากเอทิลีน คือทำให้ดอกไม้เสื่อมคุณภาพ สีและดอกผิดปกติ กลีบดอกและใบร่วงและเหี่ยวเฉาเร็ว (Halevy and Mayak, 1981) สำหรับดอกกล้วยไม้หวายนั้นมีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงมากในระยะที่ดอกตูม และลดลงเมื่อดอกเริ่มบาน อัตราการสร้างเอทิลีนจะสูงขึ้นอีกเมื่อดอกบานแล้วเข้าสู่ระยะชราภาพ (Goh *et al*., 1985) จะเห็นได้ว่า ในการสังเคราะห์เอทิลีนของดอกไม้จะเหมือนกับผลไม้ คือ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ non-climacteric และ climacteric โดยตัวอย่างดอกไม้ที่จัดอยู่ใน non-climacteric เช่น กุหลาบ เป็นพวกที่ไม่มีการสร้างเอทิลีนมาก่อนที่ดอกไม้จะเข้าสู่ระยะการเสื่อมสภาพ ส่วนดอกไม้ประเภท climacteric เช่น ดอกคาร์เนชัน และกล้วยไม้ในเขตร้อนบางชนิด ดอกไม้ประเภทนี้พบว่า อัตราการหายใจของดอกจะเพิ่มขึ้นทันทีที่ดอกบาน และจะเพิ่มมากขึ้นตามอายุ จนมีระดับคงที่เมื่อดอกบานเต็มที่ (เบ็ญจวรรณ, 2534)

ระบบการสร้างเอทิลีนในดอกไม้หลายชนิดจะสามารถสร้างเอทิลีนได้เหมือนผลไม้ประเภท climacteric คือ ระบบการสร้างเอทิลีนเป็น autocatalytic system เอทิลีนที่ดอกไม้ได้รับจากภายนอกสามารถชักนำให้ดอกไม้สร้างเอทิลีนขึ้นมาเองได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเอทิลีน เช่น การได้รับอันตรายจากบาดแผล ความชอกช้ำและสารเคมีเป็นพิษสามารถกระตุ้นให้ดอกไม้เกิดการสร้างเอทิลีนได้ (สายชล, 2531) ขั้นตอนการสร้างเอทิลีน (Lieberman, 1979; McKeon and Yang, 1987) มีดังต่อไปนี้



จุดที่ควบคุมการสร้างเอทิลีน (rate-limiting step) ภายในดอกไม้มีอย่างน้อย 3 ทาง คือ

1) ปริมาณ ACC ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมของ ACC synthase ในการเปลี่ยน SAM เป็น ACC

2) การเกิด 1-(malonylamino)-cyclopropane-1-carbxylic acid (MACC) ซึ่งเป็นสารประกอบของ ACC (ACC conjugate compound) ที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นเอทิลีนได้น้อย

3) กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยน ACC เป็นเอทิลีน

แต่จุดสำคัญในการสร้างเอทิลีนในดอกไม้ คือระหว่าง ACS และ ACO โดยการเพิ่มขึ้นของเอทิลีนสัมพันธ์กับการสะสม ACC และการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ (Nair and Fong, 1987) Ketsa and Thampitakorn (1995) รายงานว่า ดอกตูมของกล้วยไม้หวายซีซ่า 2N หวายปอมปาดัวร์ หวายซาบิน หวายโซเนียบอม#28 หวายวอเตอร์โอมายซาบิน 2N และหวายวอเตอร์โอมายซาบิน 4N สร้างเอทิลีนและ 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid (ACC) มากกว่าดอกบาน นั่นคือ ดอกตูมของกล้วยไม้พันธุ์เหล่านี้ จะสามารถเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าดอกบาน

3.5 ปัจจัยอื่นๆ

ปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะสมกับการเก็บรักษาดอกไม้ (สายชล, 2531) สำหรับอุณหภูมินั้น พบว่า ดอกไม้ที่เก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส จะหายใจในอัตราที่เร็วกว่าดอกไม้ที่เก็บรักษาที่ 2 องศาเซลเซียส ถึง 45 เท่า (ครรชิต, 2547) ดังนั้น ในสภาพอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูง จะสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ ทำให้ดอกไม้เหี่ยวช้า ในดอกไม้ที่สูญเสียน้ำประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่านี้ จะทำให้ดอกไม้สูญเสียคุณภาพ และใช้งานไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากดอกไม้สูญเสียความสมดุลของน้ำภายในดอกระหว่างการสูญเสียน้ำและการดูดน้ำ เมื่อการสูญเสียน้ำมีมากกว่าการดูดน้ำดอกไม้นั้นจะแสดงอาการเหี่ยว คุณภาพดอกไม้ลดลง จนกระทั่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนสีของกลีบดอกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่พบได้ในดอกไม้ทั่วไป เช่น ดอกกุหลาบ และดอกกล้วยไม้ เป็นต้น สีดอกจะเป็นตัวชี้บ่งถึงอายุที่เหมาะสมในการตัด จนถึงเวลาหมดอายุการใช้งาน ในดอกกล้วยไม้ พบว่า มีกลุ่มเม็ดสี 3 กลุ่มใหญ่ๆ (ครรชิต, 2531; Harper, 1972; Goodwin, 1976) คือ 1) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) 2) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) และ 3) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เช่น การเปลี่ยนแปลงสีของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ (flavonoid) โดยเฉพาะแอนโธไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของแวคิวโอล (vacuole) ภายในเซลล์ เช่น pH ต่ำจะเป็นสีแดง pH สูงกว่า 7.0 จะเป็นสีน้ำเงินหรือม่วง (นิธิยา, 2526; สายชล, 2531; ช. ณิฎฐ์ศิริ และคณะ, 2528) เป็นต้น

4. การรักษาคุณภาพของดอกไม้ตัดดอก

การใช้สารละลายเคมียืดอายุการใช้งานของดอกไม้เป็นวิธีการที่สำคัญ และนิยมปฏิบัติกัน โดยปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการยืดอายุการใช้งาน และการบานของดอกตูมของดอกไม้คือ ความสมดุลของน้ำและคาร์โบไฮเดรต (Reid and Evans, 1986) นอกจากนี้จะต้องควบคุมอัตราการหายใจและเอทิลีน ที่ยังคงเกิดขึ้นอยู่และทำให้ดอกไม้เสื่อมสภาพเร็ว ดังนั้นส่วนประกอบของน้ำยายืดอายุจึงมักประกอบด้วย สารเคมีอย่างน้อย 2 ชนิดคือ สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำ เพื่อลดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำให้ก้านดอก ซึ่งทำให้ดอกไม้สามารถรักษาความสมดุลของน้ำภายในดอกไม้ได้ ระพี (2546) กล่าวว่า น้ำที่ใช้หล่อเลี้ยงก้านช่อดอก จะต้องเป็นน้ำที่ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้แผลรอยตัดที่ก้านเกิดอาการเน่า ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดน้ำลดลง สารเคมีอีกชนิดในน้ำยายืดอายุคือ น้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของดอกไม้ นอกจากนี้น้ำตาลยังมีคุณสมบัติอื่นๆ มากมายที่ช่วยทำให้ดอกไม้มีอายุการปักแจกันที่นานขึ้น เช่น การรักษาสภาพของ

ไมโตคอนเดรียและเมมเบรน ป้องกันการเกิดสีน้ำเงินม่วงของกลีบดอกสีแดง และทำให้ดอกไม้ตอบสนองของต่อเอทิลีนน้อยลง เป็นต้น สำหรับสารเคมีอื่นๆ ที่มักจะนำมาใช้ร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ ได้แก่ สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กรด และโลหะ (สายชล, 2531)

4.1 สารฆ่าจุลินทรีย์ (germicide)

มีสารเคมีหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ แต่สารเคมีแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำมาใช้แตกต่างกัน สารต่อต้านจุลินทรีย์เพื่อป้องกันจุลินทรีย์และสิ่งที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมาอุดตันท่อลำเลียงน้ำ ซึ่งจะทำให้ดอกไม้เสื่อมสภาพ ได้แก่ ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) และ 8-ไฮดรอกซีควิโนลีนซัลเฟต (8-HQS) สารเคมีสองชนิดนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในสารละลายเคมีที่ใช้ยืดอายุการใช้งานในกล้วยไม้หวายลูกผสม (เกยูร, 2529; เย็นจิตต์, 2535; อัจฉรา, 2530) โดย $AgNO_3$ และ 8-HQS ทำหน้าที่ยับยั้งการสร้างและการทำงานของเอทิลีน (สายชล, 2531) ทวี (2532) และ เย็นจิตต์ (2535) พบว่า ซิลเวอร์อิออน (Ag^+) ยังเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำ (Mayak *et al*., 1977) และ 8-HQS เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Marousky, 1972) เช่นกัน นอกจากนี้ยังเป็นสารยับยั้งการสร้างเอทิลีนได้ด้วย สำหรับ Ketsa and Boonrote (1990) ได้รายงานว่า สารละลายเคมีที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการใช้งานในกล้วยไม้หวายหลายพันธุ์ มีองค์ประกอบคือ 8-HQS 225 มก./ลิตร + $AgNO_3$ มก./ลิตร + กลูโคส 4% และพบว่าสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกันในดอกกุหลาบ ที่มีองค์ประกอบคือ 8-HQS 200 มก./ลิตร และซูโครส 80, 100, 120 กรัม/ลิตร สามารถอายุการปักแจกันได้ประมาณ 6-7 วัน ในขณะที่ 8-HQS 200 มก./ลิตร และซูโครส 0, 20, 40, 60, 80 กรัม/ลิตร มีอายุการปักแจกันเพียงประมาณ 4 วัน (Liao *et al*., 2000)

สารประกอบที่ปลดปล่อยคลอรีนอย่างช้าๆ (slow-release chlorine compound) มีขายกันเป็นการค้าใช้สำหรับฆ่าจุลินทรีย์ในสระว่ายน้ำ สารประกอบนี้มีผลในการกำจัดแบคทีเรียมากใช้เพื่อส่งเสริมคุณภาพดอกไม้จะใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 50-400 มก./ลิตร ของคลอรีน สารประกอบดังกล่าวนี้ได้แก่ sodium dichloroisocyanurate (DICA), Gurdex, ACL-60 (Kofranek *et al*., 1975; Halevy *et al*., 1978) และ 1,3-dichloro-5,5-dimethylhydantoin ใช้ได้ผลดีกับดอกไม้หลายชนิด เช่น ดอกกุหลาบ ลิ้นมังกร และเบญจมาศ (Kofranek *et al*., 1975) นอกจากนี้ สนั่น (2531) ยังรายงานว่า การใช้ DICA 30 มก./ลิตร + ซูโครส 5% ช่วยให้กุหลาบพันธุ์คริสเตียนดิออร์มีอายุการปักแจกัน 7.7 วัน ในขณะที่ดอกกุหลาบใช้น้ำประปามีอายุการปักแจกันเพียง 3.4 วัน และดอก

กุหลาบพันธุ์ดอกสีชมพูอมส้มปักแจกันในสารละลายซูโครส 5% + คลอรีนจาก Clorox ® ความเข้มข้น 240 มก./ลิตร มีอายุการปักแจกัน 6.4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการปักในน้ำกลั่นมีอายุการปักแจกัน 2.9 วัน และพบว่าเมื่อดอกกุหลาบดูดสารละลาย มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกน้อยมากและไม่เกิดการโค้งงอของก้านคอดอก (พนารัตน์, 2541)

นอกจากนี้สารเคมีที่มีองค์ประกอบของสารประเภท quaternary ammonium (quaternary ammonium compound) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำ ไม่เป็นพิษกับดอกไม้ คงตัว ไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ ได้แก่ benzalkonium chloride (benzalkone) และ Physan-20 ใช้ได้ผลดีกับดอกไม้หลายชนิด ได้แก่ กุหลาบ คาร์เนชั่น เบญจมาศ และดาวเรือง เป็นต้น โดยใช้ประมาณ 200-300 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับ thiabendazole สารเคมีชนิดนี้มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อราได้อย่างกว้างขวาง และใช้ในการป้องกันโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ แต่สารนี้ละลายน้ำยากจึงไม่นิยมใช้เพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ ส่วน Panacide (dichlorophen) ใช้ประมาณ 10-250 มก./ลิตร มีประโยชน์ในการแช่ดอกไม้ในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น (สายชล, 2531)

4.2 สารยับยั้งหรือขัดขวางการสังเคราะห์และทำงานของเอทิลีน (ethylene inhibitor)

สารยับยั้งหรือขัดขวางการสังเคราะห์และทำงานของเอทิลีนแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) สารยับยั้ง pyridoxal enzyme เช่น aminoethoxyvinylglycine (AVG) และ aminooxyacetic acid (AOA) 2) inorganic ions เช่น Co^{2+} 3) uncouplers และ membrane-disruptive agents อื่นๆ เช่น 2,4-dinitrophenol (DNP) และ carbonylcyanide-M-chlorophenylhydrazone (CCCP) 4) free radical scavengers เช่น n-propyl gallate และ sodium benzoate 5) polyamines เช่น spermidine และ spermine และ 6) สารที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับ ACC เช่น 2-aminoisobutyric acid (Yang and Hoffman, 1984) นฤมล (2540) รายงานว่า ดอกกุหลาบพันธุ์ Olympiad ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลายซูโครส 5% + AOA ความเข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 mM สามารถยืดอายุการปักแจกันได้ไม่แตกต่างกันคือ 6.2-6.7 วัน เปรียบเทียบกับดอกที่ปักในน้ำกลั่น และสารละลายซูโครส 5% มีอายุการปักแจกัน 3 และ 4 วัน และพบว่า การปักแช่ดอกกล้วยไม้ในสารละลาย 8-HQS 200 มก./ลิตร + ซูโครส 5% ร่วมกับ $AgNO_3$ 0.1 mM, AOA 0.5 mM, SA (salicylic acid) 0.5 mM และ DNP 0.1mM สารละลายดังกล่าวสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลีนในดอกตูมได้มากกว่าดอกบานและดอกตูมมีการผลิตเอทิลีนในปริมาณที่มากกว่าดอกบาน (เบ็ญจวรรณ, 2534)

5. น้ำตาล

น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของดอกไม้ ดอกไม้ใช้น้ำตาลสำหรับกระบวนการหายใจและได้พลังงาน (ATP) ที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไปได้ นอกจากนี้น้ำตาลยังมีบทบาทอื่นๆ ที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้ ได้แก่ การรักษาสภาพของไมโตคอนเดรียและเมมเบรน ให้อยู่ในสภาพเดิมได้นานต่อไป ป้องกันการเกิดสีน้ำเงินม่วงของกลีบดอกสีแดง ซึ่งเกิดจาก proteolysis หรือการสลายตัวของโปรตีน โดยทำให้แวคิวโอลมีระดับ pH เพิ่มขึ้น และแอนโทไซยานินสีแดงจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังช่วยลดอันตรายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเอทิลีน เมื่อดอกไม้ได้รับซูโครสจะมีการหายใจเพิ่มขึ้นและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา คาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าว จะไปยับยั้งการสร้างและการทำงานของเอทิลีนอีกด้วย อีกทั้งน้ำตาลยังทำให้ค่าออสโมติกโพเทนเชียลในดอกไม้เพิ่มขึ้น ทำให้ดอกไม้สามารถดูดน้ำได้มาก จึงไปลดปริมาณกรดแอบซิสซิกและเพิ่มการบานของดอกตูม เนื่องจากการสะสมกรดแอบซิสซิกในดอกไม้นั้น จะเกิดเมื่อดอกไม้อยู่ในสภาพขาดน้ำ และการบานของดอกตูมนั้น ต้องการน้ำเพื่อใช้ในการรักษาสภาพของเซลล์ ทำให้เซลล์ดอกอยู่ในสภาพเต่ง ร่วมกับการให้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร จึงส่งผลให้ดอกตูมสามารถบานได้ (สายชล, 2531)

อย่างไรก็ตาม น้ำตาลมีอยู่ 2 ประเภท คือ metabolic sugar เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส แลคโตส และมอลโตส และ non-metabolic sugar เช่น แมนนิทอล และแมนโนส ซึ่งน้ำตาลประเภทหลังนี้ไม่สามารถใช้ยืดอายุการปักแจกันได้และบางทีเป็นอันตรายต่อดอกไม้ด้วย (Halevy and Mayak, 1981) ซึ่งในทางปฏิบัติทั่วไปจะใช้ซูโครสในสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกัน เพราะซูโครสสามารถเคลื่อนที่ในท่อลำเลียงได้เร็วกว่ากลูโคสและฟรุกโตส และเมื่อซูโครสไปถึงดอก ซูโครสจึงจะเปลี่ยนเป็นกลูโคสและฟรุกโตสด้วยปฏิกิริยาของเอนไซม์ (สายชล, 2531) และนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช มีรายงานว่า ฟรุกโตสเป็นน้ำตาลหลักที่ใช้ในดอกแกลดิโอลัสที่กำลังพัฒนาจากดอกตูมเป็นดอกบาน และยังพบอีกว่ามีการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตจากดอกที่เหี่ยวด้านล่างมายังดอกตูมที่กำลังพัฒนา (Waithaka *et al*., 2001)

6. กิจกรรมของอินเวอร์เทส (invertase activity)

เอนไซม์อินเวอร์เทส (β-fructofuranosidase, EC.3.2.1.26) คือ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ (irreversible reaction) (Kim *et al*., 2000) มีหลายไอโซไซม์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางชีวเคมี

(biochemical) และแหล่งกำเนิด (subcellular location) (Sturm, 1999) สามารถแยกออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ ตามความสามารถในการละลายน้ำ ดังนี้ 1) soluble invertase ประกอบด้วย vaculolar invertase คือ อินเวอร์เทสที่อยู่ในแวคิวโอล สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกรด (acid invertase) (pH~5) และ cytoplasmic invertase คือ อินเวอร์เทสที่อยู่ในไซโตพลาสซึม สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกลางหรือเบส (neutral/alkaline invertase) (pH~7.0-7.8) (Ma *et al*., 2000; Sherson *et al*., 2003; Pramanik *et al*., 2004) 2) insoluble invertase คือ cell wall invertase หรือ extracellular invertase เป็นอินเวอร์เทสที่อยู่ที่ผนังเซลล์ สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกรด (acid invertase) (pH~4.5) (Zhou, 2000; Andersen *et al*., 2002)

ในการย่อยสลายซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตสโดยเอนไซม์อินเวอร์เทส และการเคลื่อนที่ของซูโครสไปยังส่วนต่างๆของพืชนั้น เกิดขึ้นเพื่อให้พืชใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางชีวเคมี (biochemical) และแหล่งที่อยู่ (subcellular locations) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่า acid invertase มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ใช้ในการเจริญของเนื้อเยื่อที่ต้องใช้เฮกโซส (hexose) เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน (Ap Rees, 1974) หรือใช้ความแตกต่างของความเข้มข้นของซูโครสในการขับเคลื่อนซูโครสจากแหล่งสร้างอาหาร (source) ไปยังแหล่งรับอาหาร (Eschrich, 1980) และอาจใช้ในการควบคุมความเต่งของเซลล์ เช่น การขยายขนาดของเซลล์ (cell expansion) (Meyer and Boyer, 1981; Wyse *et al*., 1986; Perry *et al*., 1987) ควบคุมการสะสมของน้ำตาลในแหล่งสะสมต่างๆ เช่น ผล (Klann *et al*., 1993) ดอก ลำต้น และราก นอกจากนี้อินเวอร์เทสยังเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น การเกิดบาดแผล หรือการเข้าทำลายต่างๆ ในพืช (Sturm and Chrispeels, 1990; Benhamou *et al*., 1991) ในขณะที่บทบาทของ neutral/alkaline invertase ที่มีต่อเมแทบอลิซึมของพืชนั้น ยังไม่ชัดเจน แต่พบว่าในแครอทสามารถมี neutral/alkaline invertase ในทุกส่วนของพืชและมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะการพัฒนาของพืชที่เพิ่มขึ้น หากระยะการพัฒนาของพืชเพิ่มขึ้น จะมีกิจกรรมของ neutral/alkaline invertase สูง ดูเหมือนว่า neutral/alkaline invertase จะพบในส่วนของพืชที่เจริญเต็มที่แล้วเท่านั้น (Lee and Sturm, 1996) และ Sturm (1999) ยังกล่าวอีกว่า การทำ purification ใน neutral/alkaline invertase นั้นเป็นเรื่องยาก เนื่องจากเอนไซม์มีการสูญเสียอย่างรวดเร็วในระหว่างการทำให้เอนไซม์บริสุทธิ์ (purification)

อย่างไรก็ตาม การทำงานของอินเวอร์เทสยังขึ้นกับชนิดของพืชด้วย ดังรายงานต่อไปนี้ Woodson and Wang (1987) พบว่า soluble invertase และ reducing sugar เพิ่มขึ้นในระหว่างการพัฒนาของดอกคาร์เนชั่น โดยมีซูโครสเป็นแหล่งพลังงานและคาร์บอนที่สำคัญในการเจริญของ

กลีบดอกคาร์เนชั่น ส่วน Bhowmik *et al*. (2001) รายงานว่า ได้ทำการทดลองกับหน่อไม้ฝรั่ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม พบว่า acid invertase จะมีการทำงานเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมีนาคม จนกระทั่งถึงเดือนมิถุนายนแล้วจึงลดลงเป็นในทำนองเดียวกับปริมาณกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณของซูโครส พบว่ามีปริมาณต่ำลงในเดือนมีนาคมและมีปริมาณต่ำที่สุดในเดือนมิถุนายนแล้วจึงเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า acid invertase น่าจะไปย่อยสลายซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรุกโตส จึงทำให้ซูโครสมีปริมาณลดลง แล้วเพิ่มปริมาณกลูโคสและฟรุกโตสขึ้น เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ ทั้งนี้ Pan *et al*. (2005) ยังกล่าวอีกว่า acid invertase เป็นเอนไซม์สำคัญที่มีบทบาทควบคุมการเคลื่อนที่ซูโครสในผลแอปเปิ้ลด้วยเช่นกัน ยิ่งไปกว่านั้น Pramanik *et al*. (2004) ได้ทำการแยก acid invertase ออกจากกัน โดยพบว่า cell wall invertase มีการทำงานสูงกว่า vascular invertase ทั้งในก้านดอกและดอกย่อยของบรอคโคลี่ โดยในก้านดอกจะมีการทำงานที่สูงกว่าในดอกย่อย อย่างไรก็ตาม ในหน่อไม้ฝรั่งกลับพบว่า cell wall invertase และ vascular invertase มีการทำงานพอๆ กัน (Bhowmik *et al*., 2001) นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของอินเวอร์เทสเช่นกัน โดย Khayat and Zieslin (1987) พบว่า acid invertase ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (12^{o}C) มากกว่าที่อุณหภูมิสูง (18^{o}C) ในใบของกุหลาบพันธุ์ Golden Times ในทำนองเดียวกัน Kazunori *et al*. (2005) ทำการทดลองในมันฝรั่ง รายงานว่า ในการเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ (5^{o}C) พบว่ามีการทำงานของอินเวอร์เทสสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (12^{o}C)

อุปกรณ์และวิธีการ

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่ใช้ในการทดลองคือ พันธุ์ขาวสนาน ซึ่งซื้อจากสวนกล้วยไม้ปลูกเพื่อส่งออกที่อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยตัดช่อดอกชนิดช่อยาวมาตรฐานส่งออก มีความสม่ำเสมอ รูปทรงปกติ ไม่มีช่อแขนง และเมื่อตัดแล้วบรรจุแบบแห้งลงในกล่องกระดาษขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศมายังห้องทดลองใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมง คัดเลือกเฉพาะช่อดอกที่ประกอบด้วยดอกตูม (7$\pm$2) และดอกบาน (4-5) โดยดอกตูมที่มีขนาดเล็กมาก อยู่ตำแหน่งปลายช่อส่วนใหญ่แล้วจะไม่พัฒนา จึงไม่นำมาคิดเป็นจำนวนดอกตูม แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistical Analysis System โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังนี้

1. ศึกษาการตอบสนองของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายระหว่างการปักแจกันต่อสารละลายยืดอายุปักแจกันที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ

นำช่อดอกไม้ที่คัดเลือกแล้วมาตัดก้านดอกเฉียง โดยมีระยะจากดอกล่างสุดของก้านช่อดอกจนถึงโคนก้านยาว 12 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายบริเวณดอกตูมล่างสุดและบนสุด นำช่อดอกกล้วยไม้มาปักแจกันตามทรีทเมนต์ต่างๆ ที่บรรจุสารละลายลงในหลอดแก้ว (centrifuge tube) ขนาด 15 มิลลิลิตร หลอดละ 12 มิลลิลิตร จำนวน 10 ซ้ำๆ ละ 1 ช่อดอก แบ่งออกเป็น 4 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 น้ำกลั่น (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร

ทรีทเมนต์ที่ 3 $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + กลูโคส 4%

ทรีทเมนต์ที่ 4 $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%

บันทึกผลดังนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะภายนอกของดอกบาน เช่น ดอกคว่ำ การเปลี่ยนสีของกลีบดอก การเกิดเส้นเวน (vein) การเหี่ยวและการฉ่ำน้ำของกลีบดอกกล้วยไม้ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดอกบาน เปรียบเทียบกับจำนวนดอกบานทั้งหมด

1.2 การบานของดอกตูม นับจำนวนดอกตูมที่บานเพิ่มขึ้น เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การบานของดอกตูม เปรียบเทียบกับจำนวนดอกตูมทั้งหมดที่สามารถบานได้

1.3 อายุการปักแจกัน โดยกำหนดว่า เมื่อจำนวนดอกบานในแต่ละช่อดอก เกิดอาการเสื่อมสภาพ เช่น ดอกคว่ำ ดอกเหี่ยว หรือดอกร่วง มากกว่า 50% ของจำนวนดอกบานทั้งหมดในช่อดอก ถือว่าหมดอายุ

1.4 ดอกบานร่วง นับจำนวนดอกบานที่เหลืองร่วง เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ดอกบานที่ร่วง เปรียบเทียบกับจำนวนดอกบานทั้งหมด

1.5 ดอกตูมเหี่ยว นับจำนวนดอกตูมที่เหลือง เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ดอกตูมที่เหี่ยว เปรียบเทียบกับจำนวนดอกตูมทั้งหมดที่สามารถบานได้

1.6 ดอกตูมร่วง นับจำนวนดอกตูมที่เหลืองร่วง เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ดอกตูมที่ร่วง เปรียบเทียบกับจำนวนดอกตูมทั้งหมดที่สามารถบานได้

1.7 การดูดน้ำ บันทึกปริมาณน้ำที่ช่อดอกกล้วยไม้นำไปใช้ในแต่ละวัน มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/วัน/ช่อดอก

1.8 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด บันทึกน้ำหนักสดของกล้วยไม้ในแต่ละวัน แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเปรียบเทียบกับน้ำหนักสดเริ่มต้น

1.9 บันทึกผลการทดลองทุกวันนาน 15 วัน

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกตูมและดอกบานของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

นำช่อดอกกล้วยไม้มาแช่โคนก้านช่อดอกในสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกัน แต่ละทรีทเมนต์ จำนวน 2 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 น้ำกลั่น (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%

ทำเครื่องหมายบอกตำแหน่งของดอกตูม และดอกบาน
ดอกตูม คือ ดอกย่อยจำนวน 2 ดอกล่างสุดของดอกตูม (ภาพที่ 1)
ดอกบาน คือ ดอกบานจำนวน 2 ดอกที่ถัดจากดอกตูมลงมา (นับเป็นดอกบานตำแหน่งที่ 3 และ 4) (ภาพที่ 1B)

ภาพที่ 1 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน (A) และช่อดอกกล้วยไม้ที่แสดงตำแหน่งดอกย่อยต่างๆ (B) 1 = ดอกบานอายุน้อยที่สุด และ 4 = ดอกบานอายุมากที่สุดที่ใช้ในการทดลอง

จากนั้นแยกเก็บตัวอย่างแต่ละตำแหน่งของช่อดอก และแต่ละทรีทเมนต์ จำนวน 168 ช่อ 6 ช่อต่อวันต่อทรีทเมนต์ ในวันที่ 0 2 4 8 10 และ 12 ของการทดลอง

บันทึกผลดังนี้

2.1 วิเคราะห์ชนิดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล

นำตัวอย่างพืชที่อบแห้งสนิท 15 มิลลิกรัม สกัดด้วยเอทานอล 80% ปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำไปเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยแรงเหวี่ยง 12,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที ที่ 25 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้กรองด้วยผ้ากรองที่มีความหนา 3 ชั้น และระเหยจนแห้ง ด้วยเครื่อง freeze dryer แล้วละลายตัวอย่างที่แห้งด้วยน้ำ double deionized water ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลด้วยเครื่อง high performance liquid chromatograph (HPLC) ที่มี detector ชนิด reflective index (RI) ใช้คอลัมน์สำหรับแยกชนิดของน้ำตาล Sugar Pak I ขนาด 300x6.5 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มี calcium ethylenediamine tetraacetate (CaEDTA) 50 มก./ลิตร เป็นเฟสเคลื่อนที่ อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร คำนวณหาปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส โดยเปรียบเทียบกับสารละลายดี-ฟรุกโตส เข้มข้น 0.00-0.05% ดี-กลูโคสเข้มข้น 0.00-0.1% และซูโครส เข้มข้น 0.00-0.05%

2.2 สกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสดัดแปลงตามวิธีของ Pramanik *et al.* (2004) ดังต่อไปนี้

นำตัวอย่างดอกกล้วยไม้หนัก 2 กรัม ซึ่งแยกตามตำแหน่งและวัยของดอก เติม polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 1% และเติมบัฟเฟอร์ citrate-phosphate (C-P buffer) 0.2 M pH 5.0 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นกรองด้วยผ้ากรอง 3 ชั้น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 11,000 g เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสมาใส่ถุงไดอะไลซ์ ใน C-P buffer 0.2 M pH 5.0 (ที่เจือจางแล้ว 40 เท่า) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้ส่วนของ vacuolar invertase สำหรับตะกอนนำมาสกัดด้วย NaCl C-P buffer 0.2 M ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเขย่าเป็นระยะๆ จากนั้นนำส่วนใสมาใส่ลงในถุงไดอะไลซ์ดังข้างต้น ซึ่งจะได้ cell wall invertase ขั้นตอนทั้งหมดทำที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

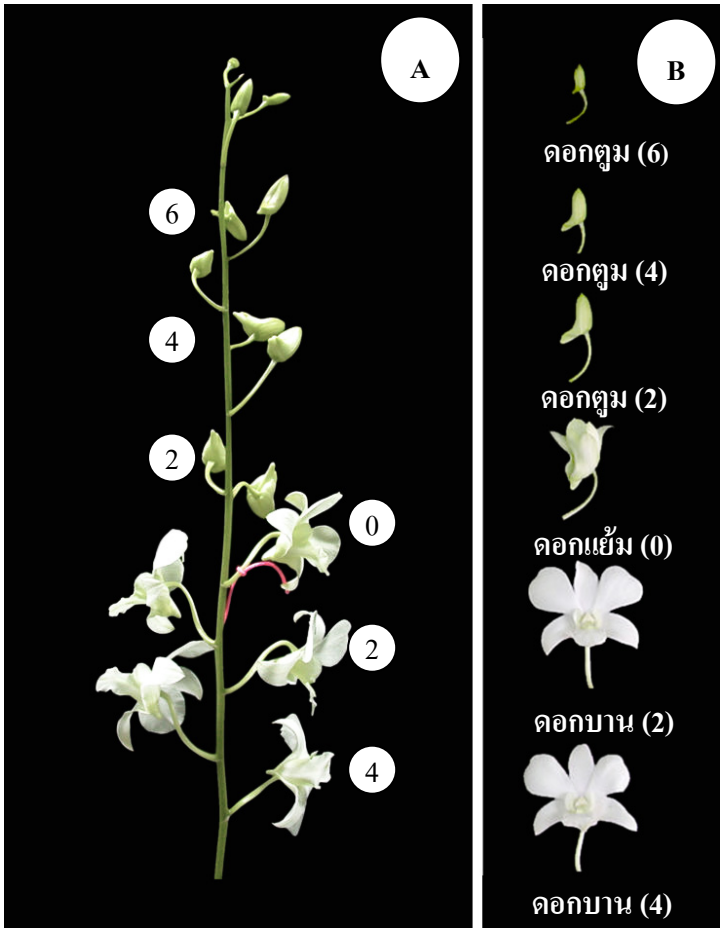
วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส นำเอนไซม์ที่สกัดได้ (vacuolar invertase และ cell wall invertase) 0.1 มิลลิลิตร เติม C-P buffer 0.2 M ค่า pH 5.0 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ซูโครส 0.5 M ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นนำมา incubate ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำตัวอย่างมาปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย NaOH 1.0 N หรือ HCl 1.0 N นำไปวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีการของ Nelson (Hodge and Hofreiter, 1962) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงซ์ (reducing sugar) โดยวิธีของ Nelson (Hodge and Hofreiter, 1962) ทำ standard assay medium ของ acid invertase ซึ่งประกอบด้วย C-P buffer 0.2 M ค่า pH 5.0 และสารละลายดี-กลูโคส (D-glucose) เข้มข้น 0.00-0.04% (ทำเป็น standard) ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25x200 มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป incubate ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำตัวอย่างมาปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย NaOH 1.0 N หรือ HCl 1.0 N จากนั้นเติม Nelson’s alkaline copper reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วปิดด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปแช่ใน water bath อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็น แล้วเติมสารละลาย arsenomolybdic acid reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ตะกอนของ Cu_2O ที่เกิดขึ้นให้ละลายหมด ปรับปริมาตรเป็น 12.5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำสารละลายที่ได้ไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) จากเครื่อง spectrophotometer (Spectronic Unicam Genesys 10 UV) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ค่า standard จากสารละลายดี-กลูโคส ซึ่งทราบความเข้มข้นแล้วเป็นตัวเปรียบเทียบ

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ Bradford (1976) ดูดสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย Coomassie Brillant Blue G-250 ความเข้มข้น 0.0125 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5-60 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 595 nm ด้วยเครื่อง UV-240 spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin (BSA) ความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

3. ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

นำช่อดอกกล้วยไม้มาทำการเก็บตัวอย่าง เริ่มจากดอกตูมที่สามารถบานได้ โดยเก็บดอกย่อยตำแหน่งเว้นตำแหน่งจนกระทั่งถึงดอกบานที่โคนก้านดอก จำนวน 20 ช่อ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่แสดงดอกย่อยวัยต่างๆ ในช่อดอก (A) และที่เด็ดออกจากช่อดอก (B) ดอกตูม (2) = ดอกตูมอายุมากที่สุด, ดอกตูม (6) = ดอกตูมอายุน้อยที่สุด, ดอกบาน (2) = ดอกบานอายุน้อยที่สุด และดอกบาน (4) = ดอกบานอายุมากที่สุดที่ใช้ในการทดลอง

บันทึกผลดังนี้

3.1 น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของดอกกล้วยไม้ บันทึกน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ มีหน่วยเป็นกรัม

3.2 วิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

3.3 บันทึกภาพดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ

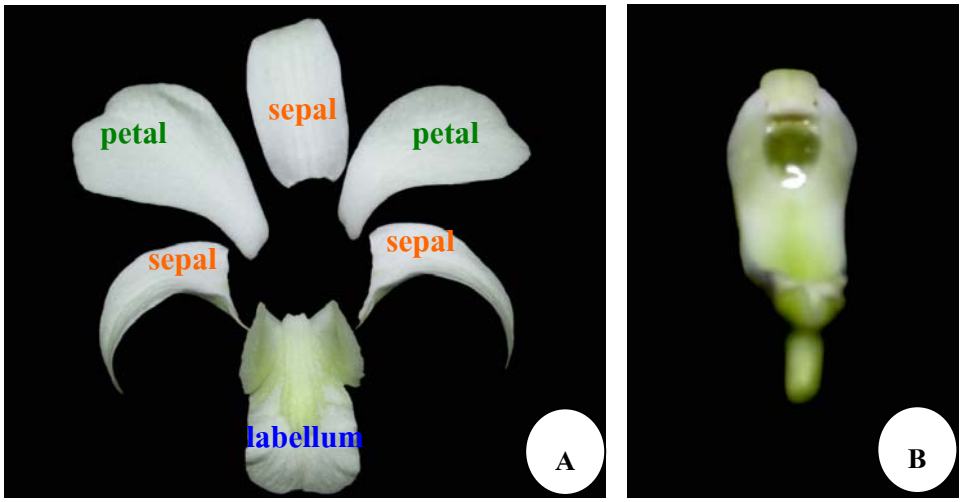
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส ในแต่ละส่วนของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

นำช่อดอกกล้วยไม้มาแช่โคนก้านช่อดอกในสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกัน แต่ละทรีทเมนต์ จำนวน 2 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 น้ำกลั่น (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%

ทำการแยกส่วนของดอกแย้ม (ดอกย่อยที่กำลังบานประมาณ 50%) และดอกบานที่ถัดจากดอกแย้มลงมาตำแหน่งที่ 3 (เลือกช่อดอกที่มีจำนวนดอกบาน 5 ดอก) เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ petal sepal และ labellum ส่วนที่ 2 คือ column ดังภาพที่ 3 จากนั้นแยกเก็บตัวอย่างแต่ละส่วนของดอกย่อย และแต่ละทรีทเมนต์ จำนวน 120 ช่อดอก จำนวน 20 ช่อต่อวันต่อทรีทเมนต์ ในวันที่ 0 4 และ 8 ของการทดลอง



ภาพที่ 3 กลีบดอก (petal) กลีบเลี้ยง (sepal) และปาก (labellum) (A) และเส้าเกสร (B) ของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

บันทึกผลดังนี้

4.1 วิเคราะห์ชนิดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

4.2 วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

5. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ งานวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

6. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม 2548- เดือน มกราคม 2550

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ศึกษาการตอบสนองของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายระหว่างการปักแจกันต่อสารละลายยืดอายุปักแจกันที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ

1.1 การเสื่อมสภาพของดอกบาน

ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (control) และสารละลายยืดอายุปักแจกัน พบการเสื่อมสภาพของดอกบานเพิ่มขึ้น เมื่อปักแจกันนานขึ้น โดยดอกกล้วยไม้ปรากฏอาการดอกคว่ำ เกิดเส้นเวน ปากเหลือง และอาการฉ่ำน้ำ ซึ่งช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส มีการเสื่อมสภาพของดอกบานไม่แตกต่างกัน และมีการเสื่อมสภาพน้อยกว่าดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ที่ไม่มีน้ำตาล (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 1) และพบว่าช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นนาน 15 วัน มีดอกบานเสื่อมสภาพมากที่สุด 62% (ตารางผนวกที่ 1)

1.2 การบานของดอกตูม

ดอกตูมมีการบานเพิ่มไม่แตกต่างกันในวันที่ 0-3 และเมื่อปักแจกันนานขึ้น (4-15 วัน) ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลทั้งสองชนิด มีดอกตูมบานเพิ่มมากกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ซึ่งสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส ทำให้ดอกตูมบานเพิ่มไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการปักแจกัน รวมทั้งทำให้ดอกตูมบานได้จนสุดปลายช่อ (100% วันที่ 15) (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 2)

1.3 อายุการปักแจกัน

ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีอายุการปักแจกันสั้นที่สุด คือ 13.5 วัน ขณะที่ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS มีอายุการปักแจกัน 16.2 วัน ส่วนที่ปัก

แจกันในสารละลายยืดอายุที่มีสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ($AgNO_3$) สารฆ่าจุลินทรีย์ (HQS) และน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส มีอายุปักแจกันนานที่สุด (ตารางที่ 1)

1.4 ดอกบานร่วง ดอกตูมเหี่ยว และดอกตูมร่วง

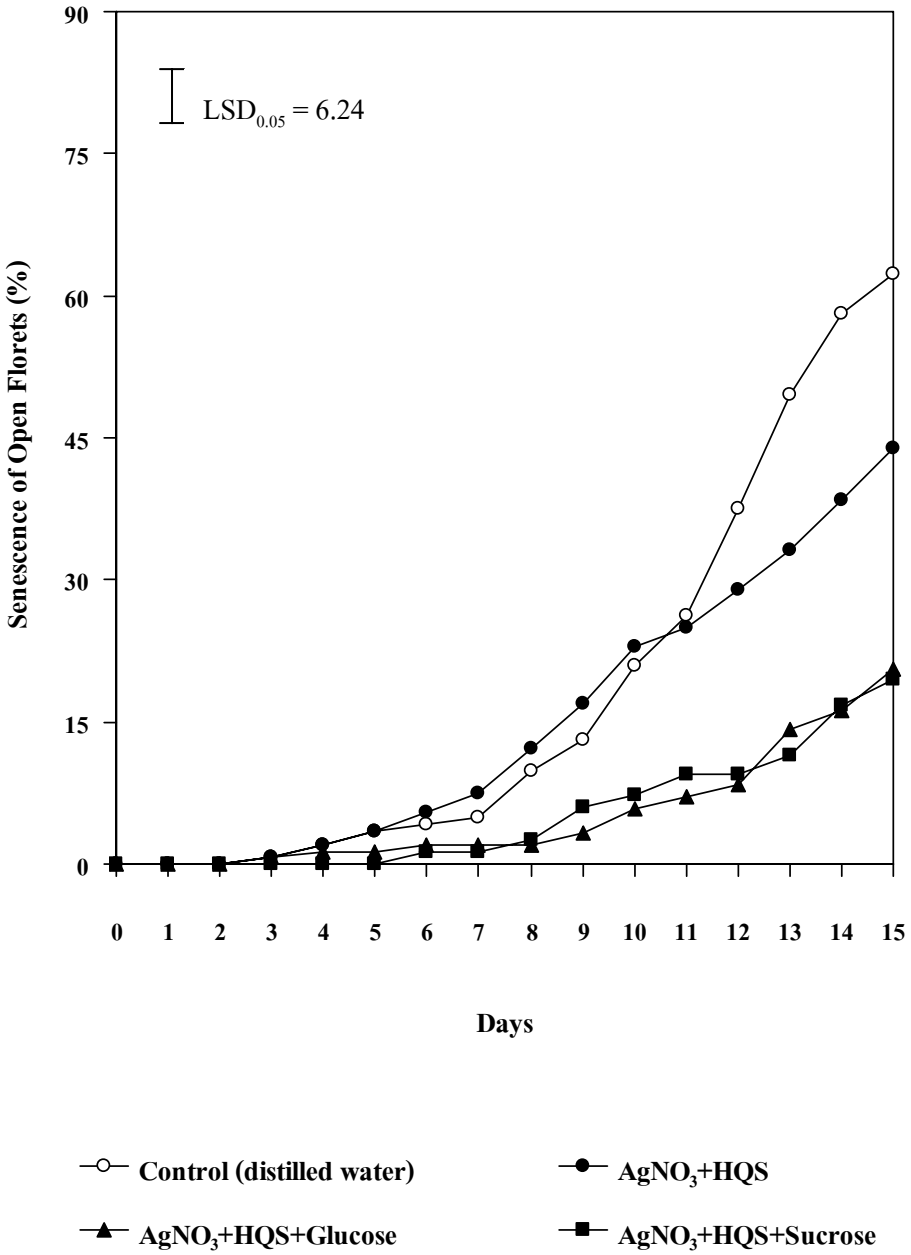
ไม่พบการร่วงของดอกบาน การเหี่ยวและการร่วงของดอกตูมในทุกทรีทเมนต์ตลอดการทดลอง

1.5 การดูดน้ำ

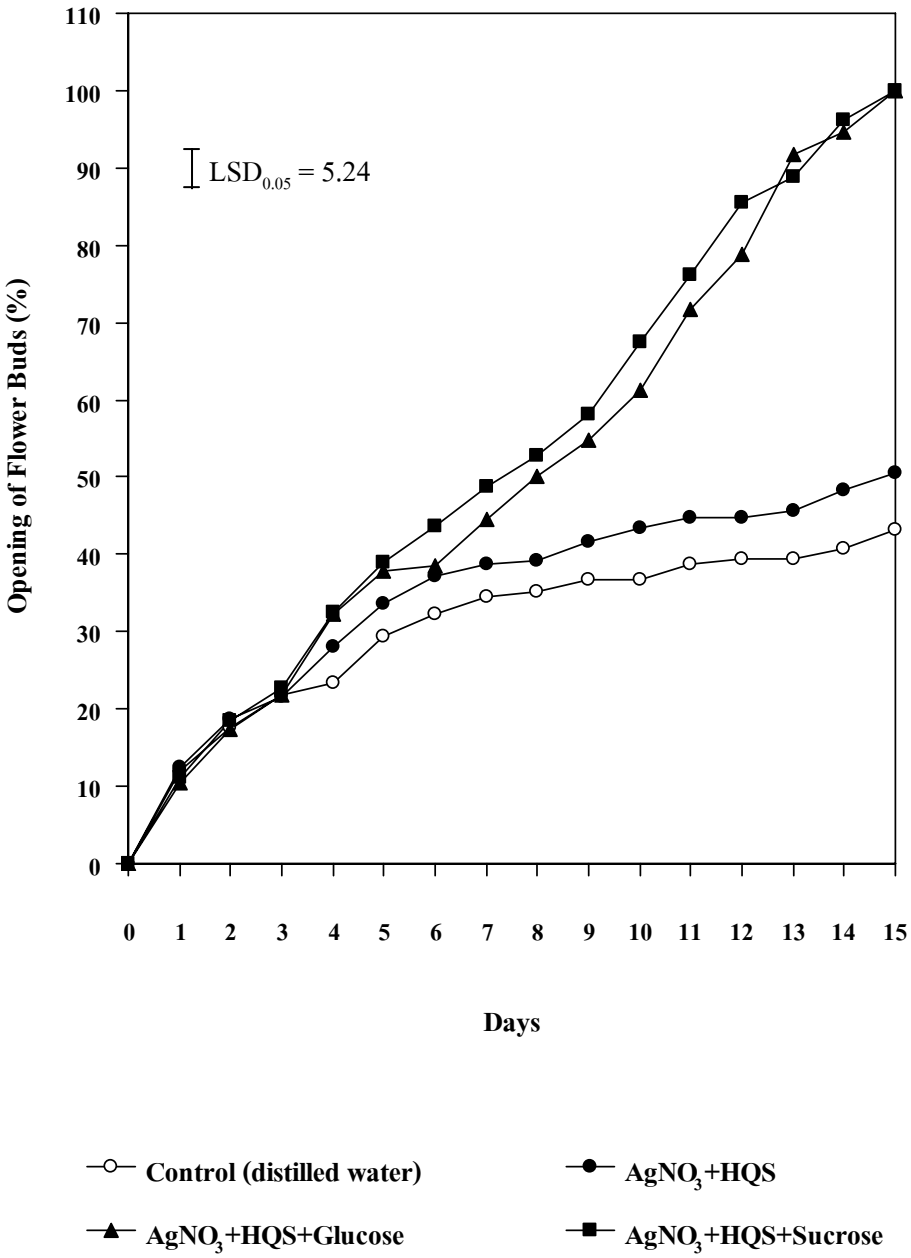
ช่อดอกกล้วยไม้ในทุกทรีทเมนต์มีการดูดน้ำสูงในวันแรกและลดลงตลอดระยะการปักแจกัน ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีอัตราการดูดน้ำลดลงมากกว่าในทรีทเมนต์อื่นๆ ขณะที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส มีอัตราการดูดน้ำลดลงช้า และค่อนข้างคงที่ในวันที่ 5-15 และมีอัตราการดูดน้ำไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 3)

1.6 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย $AgNO_3$ + HQS พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และลดลงเมื่อปักแจกันนานขึ้น แต่ในน้ำกลั่นมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดลดลงมากกว่าในขณะที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง โดยที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลซูโครสมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นมากที่สุด (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 4)



ภาพที่ 4 การเสื่อมสภาพของดอกบานในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุการปักแจกันสูตรต่างๆ



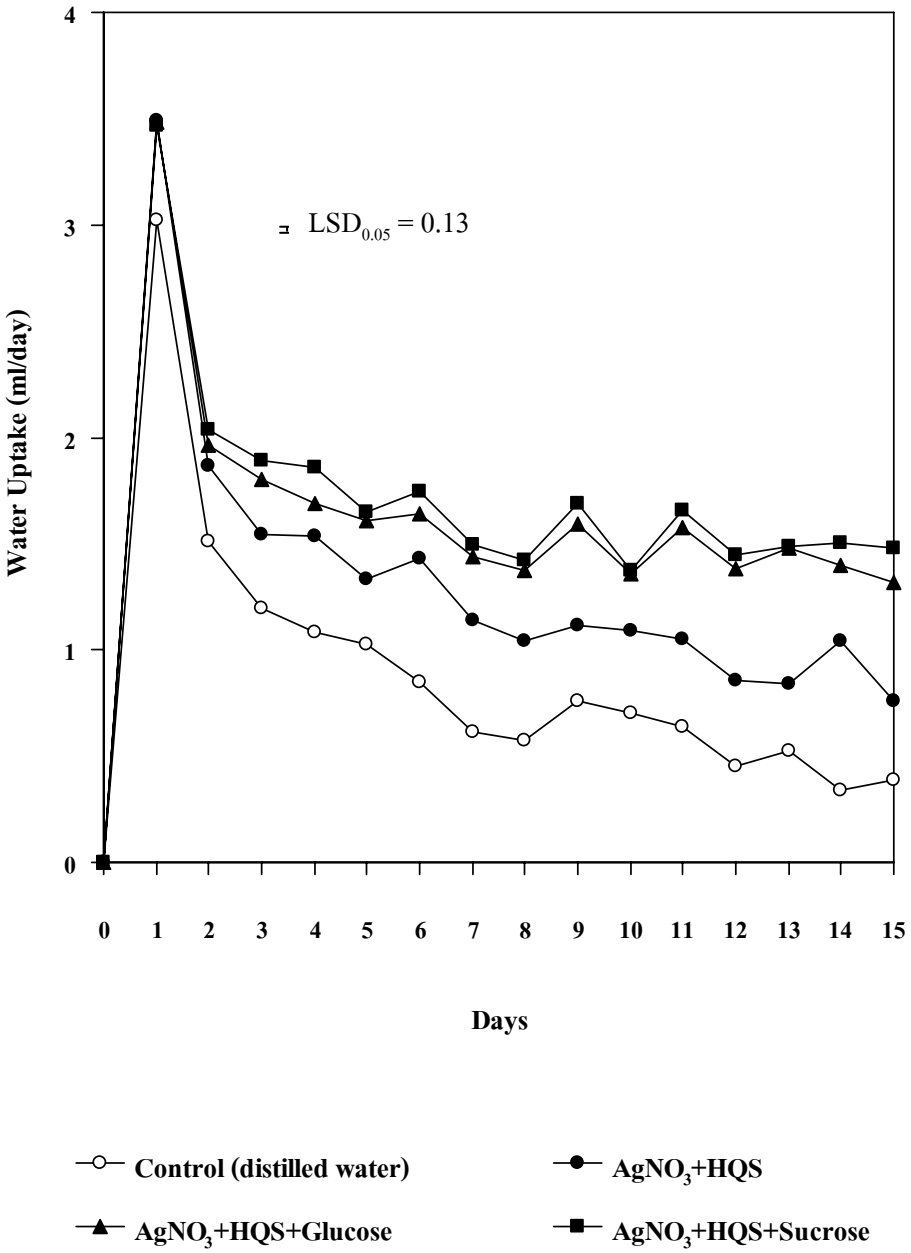
ภาพที่ 5 การบานของดอกตูมในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุการปักแจกันสูตรต่างๆ

ตารางที่ 1 อายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในสารละลายยืดอายุต่างๆ

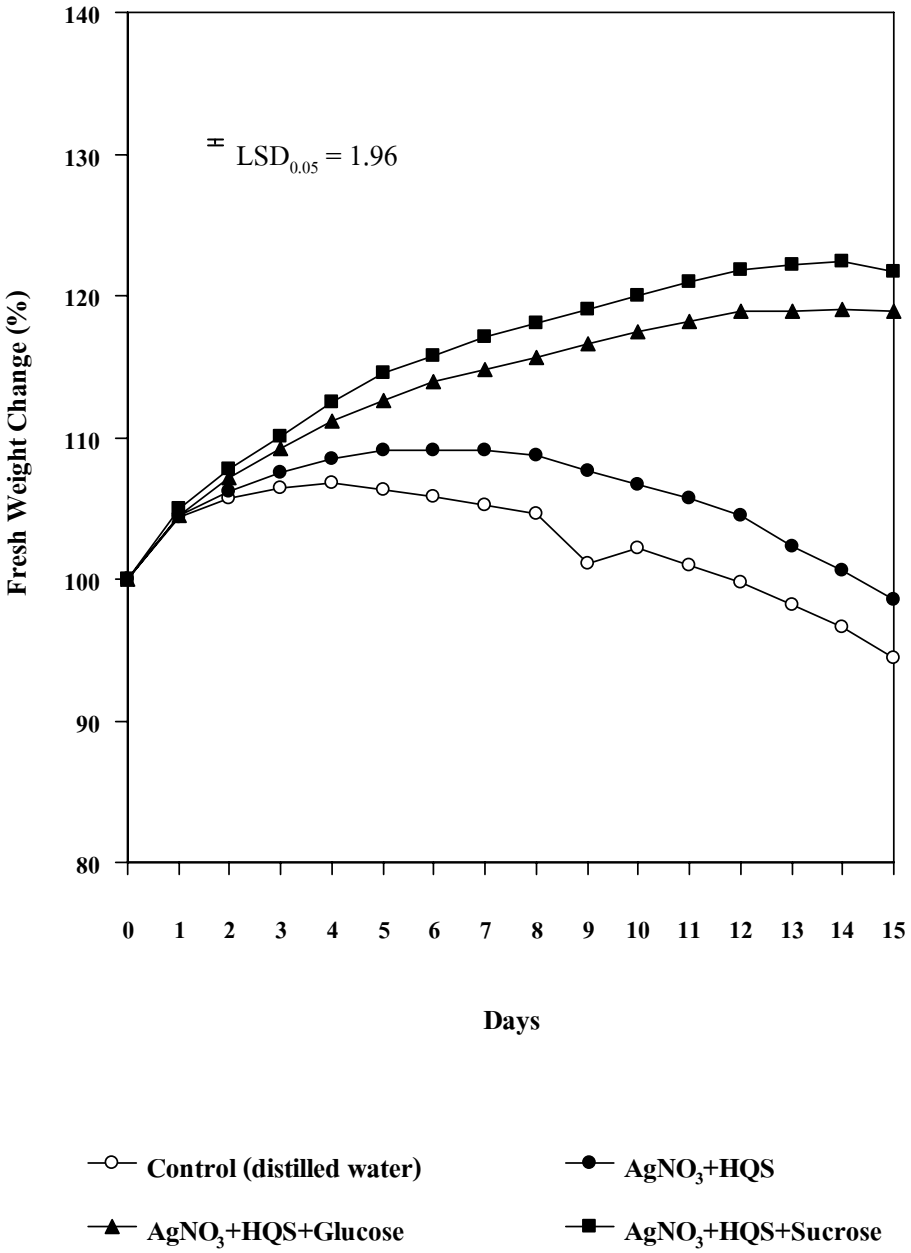
สารละลาย	อายุการปักแจกัน (วัน)[1/]
น้ำกลั่น	13.65 c
$AgNO_3$ 30 มก./ลิตร+ HQS 225 มก./ลิตร	16.20 b
$AgNO_3$ 30 มก./ลิตร+ HQS 225 มก./ลิตร+ Glucose 4%	21.75 a
$AgNO_3$ 30 มก./ลิตร+ HQS 225 มก./ลิตร+ Sucrose 4%	20.90 a
F-test	**
CV (%)	14.31

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



ภาพที่ 6 การดูดน้ำของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุการปักแจกันสูตรต่างๆ



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุการปักแจกันสูตรต่างๆ

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกตูมและดอกบาน ของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล

2.1.1 ปริมาณน้ำตาลซูโครส

ดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุปักแจกัน ($AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลซูโครส) มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงในวันแรกและลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และค่อนข้างคงที่ ดอกตูมที่ช่อดอกปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยกว่าที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ในวันที่ 2-10 (ภาพที่ 8A) ส่วนปริมาณน้ำตาลซูโครสในดอกบานของช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณสูงสุดในวันที่ 2 และลดลงในวันที่ 4 แต่ดอกบานของช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงสุดในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 6 (ภาพที่ 8D) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลซูโครสของดอกตูมและดอกบานที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันมีปริมาณไม่แตกต่างกัน ยกเว้นวันที่ 4 ขณะที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่าดอกบานมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงกว่าดอกตูม (ภาพที่ 8A และ 8D)

2.1.2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคส

ดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสใกล้เคียงกับที่ปักแจกันในสารละลายในช่วงแรกและลดลงในวันที่ 4 และเมื่อปักแจกันนานขึ้น (4-10 วัน) ปริมาณน้ำตาลกลูโคสค่อนข้างคงที่ ส่วนดอกตูมที่ปักแจกันในสารละลายมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 แล้วลดลงในวันที่ 6 และในช่วงหลังมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสค่อนข้างคงที่เช่นเดียวกับที่ปักแจกันในน้ำกลั่น แต่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากกว่าดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 8B) สำหรับปริมาณน้ำตาลกลูโคสในดอกบานที่ปักในน้ำกลั่นมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อยกว่าที่ปักในสารละลายยืดอายุเล็กน้อย และมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 8E) ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดอกตูมและดอกบาน พบว่า มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสในดอกตูมน้อยกว่าในดอกบาน (ภาพที่ 8B, 8E และตารางผนวกที่ 5)

2.1.3 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส

ดอกตูมและดอกบานของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุปักแจกัน ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน โดยดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกัน มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมากกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของดอกตูมและดอกบานมีปริมาณใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 8C และ 8F)

2.2 กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส

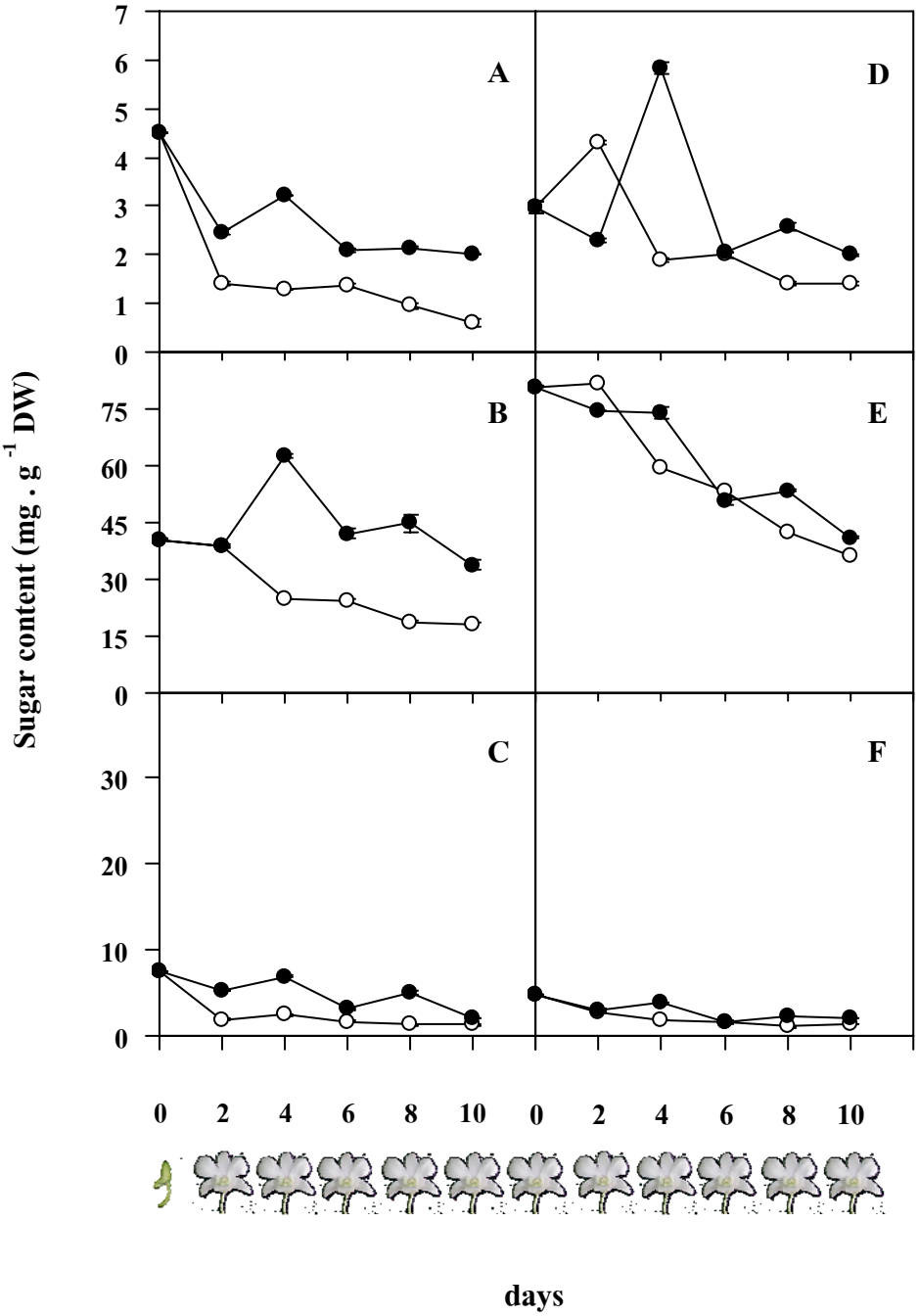
พบกิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase น้อยกว่า cell wall invertase ทั้งดอกตูมและดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุ (ตารางผนวกที่ 6)

2.2.1 กิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase

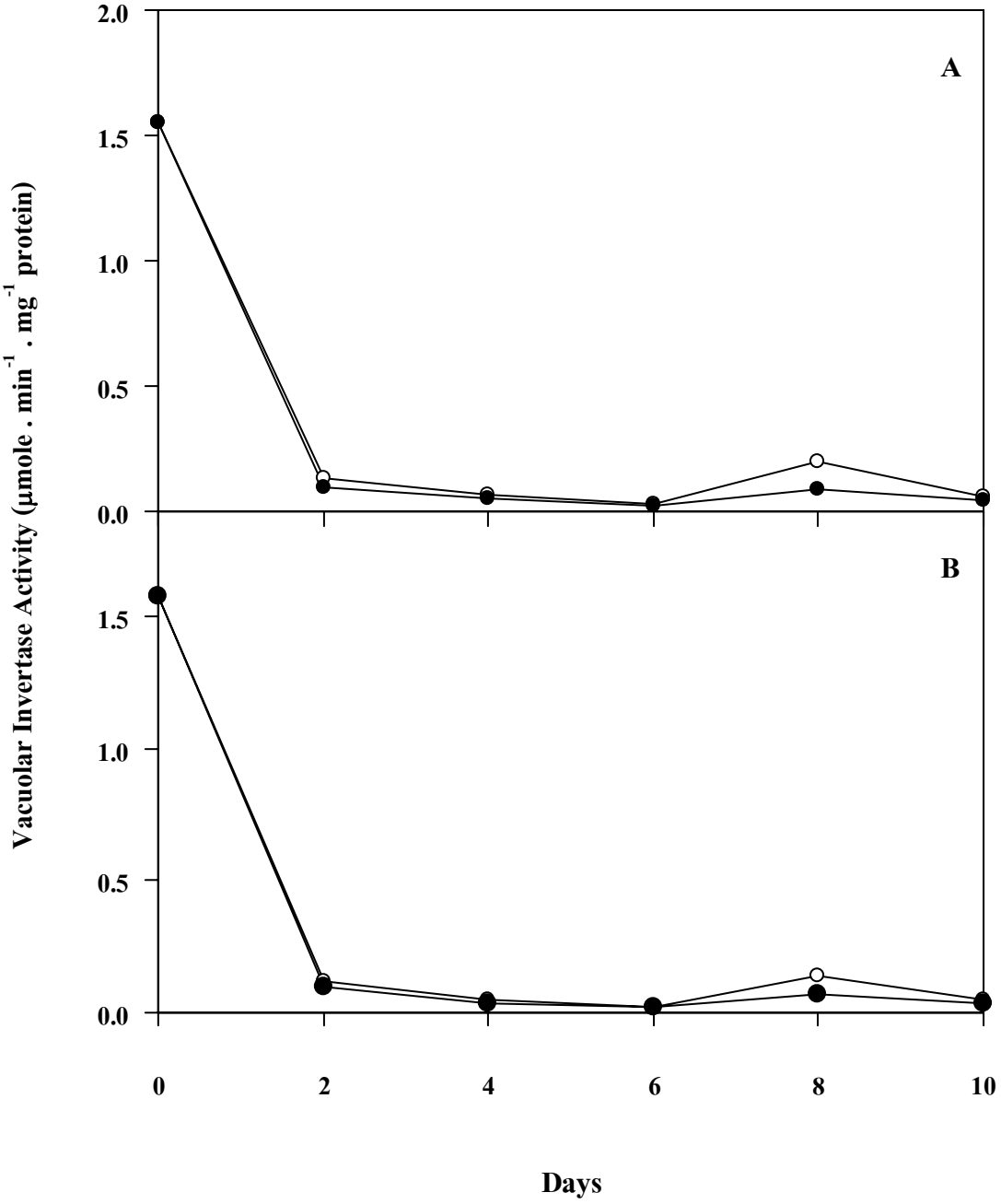
พบกิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase มากทั้งดอกตูมและดอกบานเฉพาะในวันแรก จากนั้นกิจกรรมลดลงและค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและไม่พบความแตกต่างของกิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase ระหว่างสองทรีทเมนต์ (ภาพที่ 9A 9B และตารางผนวกที่ 6)

2.2.2 กิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase

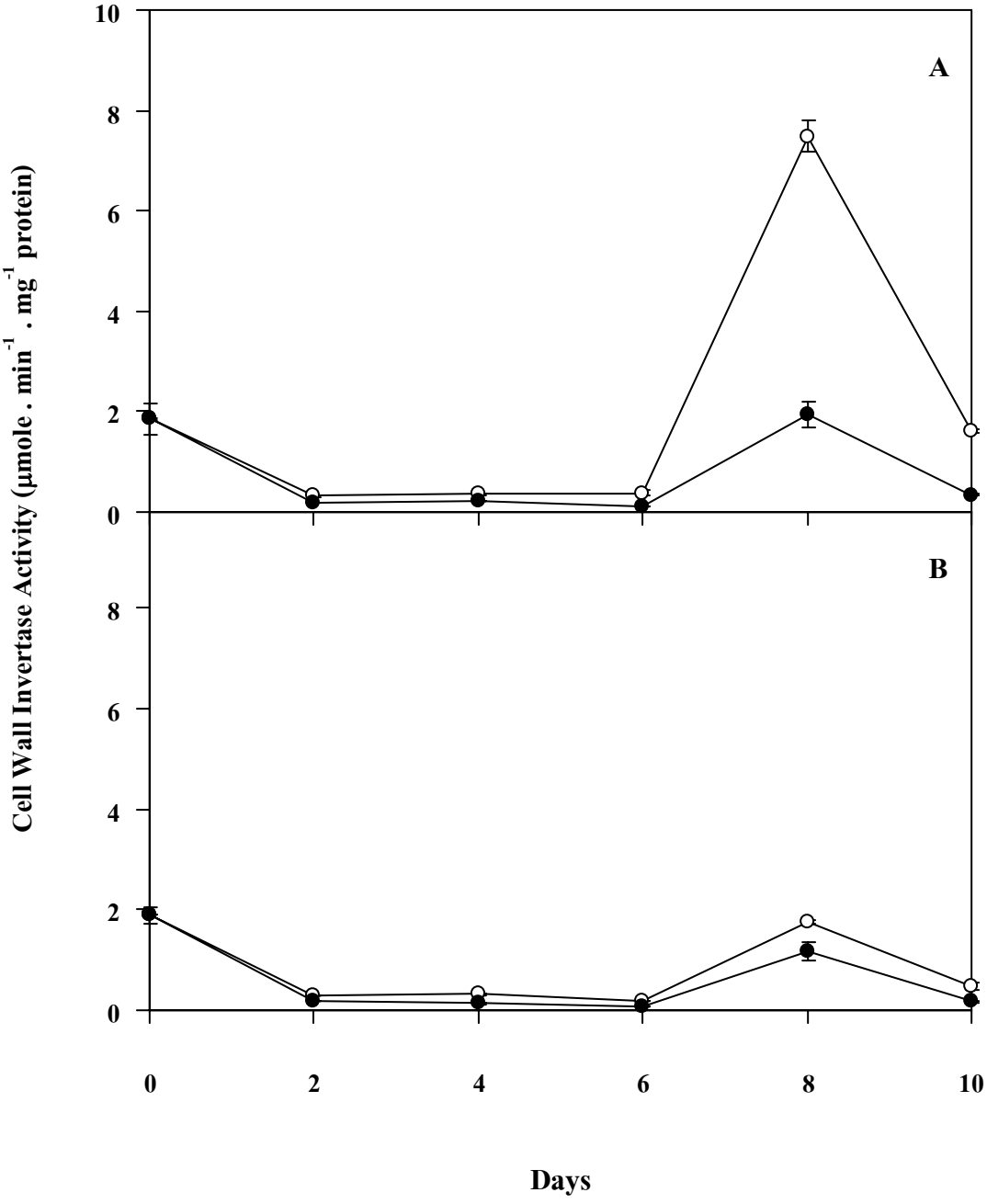
พบกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ของดอกตูมและดอกบานสูงในวันแรก (ภาพที่ 10A และ 10B) จากนั้นมีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ลดลง และในวันที่ 8 พบว่ามีกิจกรรมสูงขึ้นอีกครั้งแล้วลดลง ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ในดอกตูมสูงกว่าดอกบาน ดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ในวันที่ 8 สูงกว่าที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันอย่างเด่นชัด ส่วนดอกบานของดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ในวันที่ 8 สูงกว่าที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามทั้งดอกตูมและดอกบาน พบว่า มีความแตกต่างของกิจกรรมเอนไซม์ในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและที่ปักแจกันในสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 6)



ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (A) กลูโคส (B) และ ฟรุกโตส (C) ของดอกตูม และปริมาณน้ำตาลซูโครส (D) กลูโคส (E) และ ฟรุกโตส (F) ของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4% (●)



ภาพที่ 9 กิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase ของดอกตูม (ตำแหน่ง 1 และ 2) (A) และดอกบาน (ตำแหน่ง 3 และ 4) (B) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4% (●)



ภาพที่ 10 กิจกรรมเอนไซม์ call wall invertase ของดอกตูม (ตำแหน่ง 1 และ 2) (A) และดอกบาน (ตำแหน่ง 3 และ 4) (B) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4% (●)

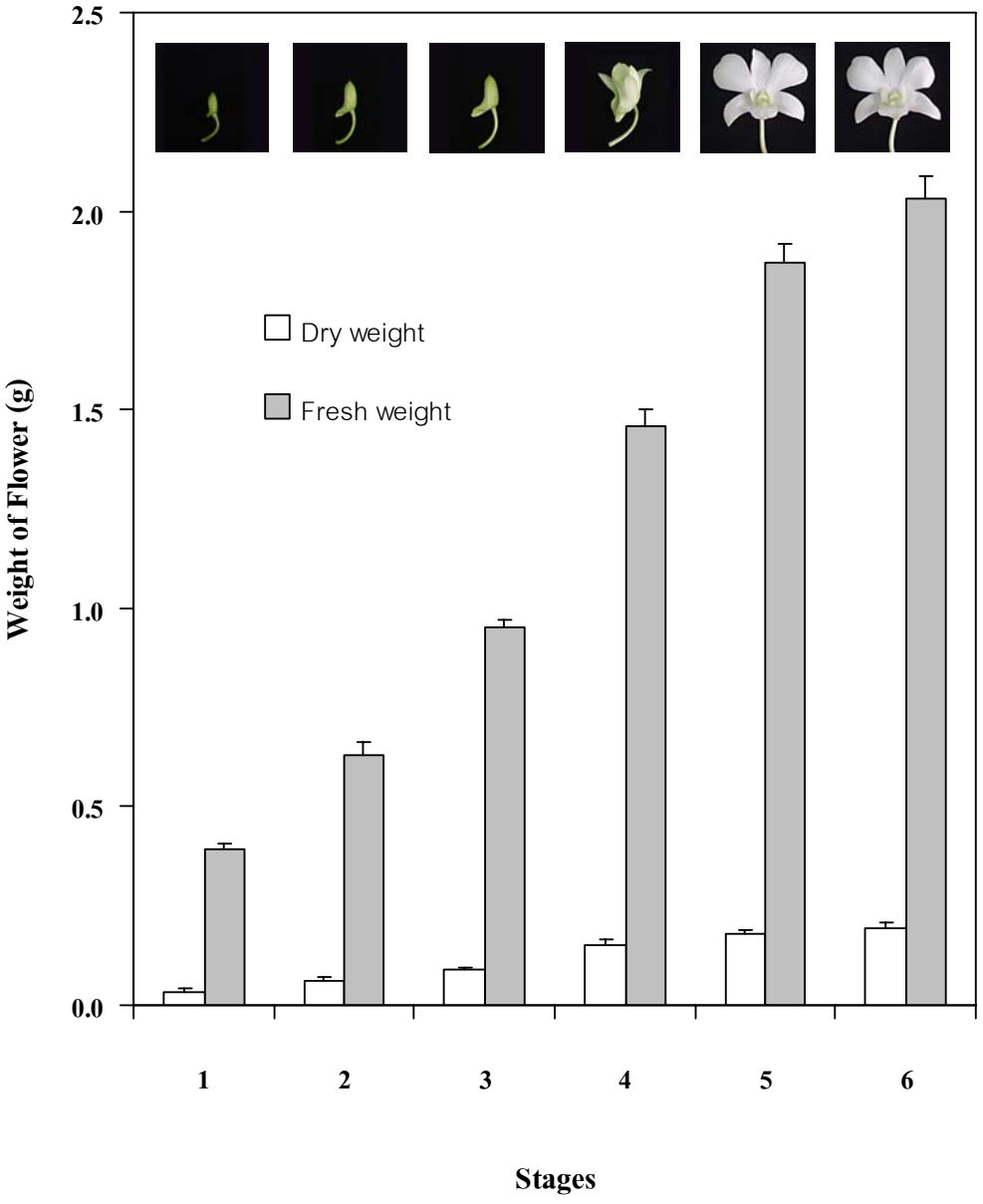
3. ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

3.1 น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของดอกกล้วยไม้

น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของดอกกล้วยไม้เพิ่มขึ้นตามระยะ (ตำแหน่ง) จากดอกตูม แย้ม และบาน โดยแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งตามระยะการพัฒนาของดอกกล้วยไม้ ซึ่งพบว่าน้ำหนักสดของดอกบานตำแหน่งที่ 4 มีน้ำหนักสดสูงสุด ส่วนน้ำหนักแห้ง พบว่าช่วงจากดอกตูมเป็นดอกแย้มมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดมาก และมีน้ำหนักแห้งคงที่ในระยะดอกบาน (ตำแหน่งที่ 2 และ 4) (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 7)

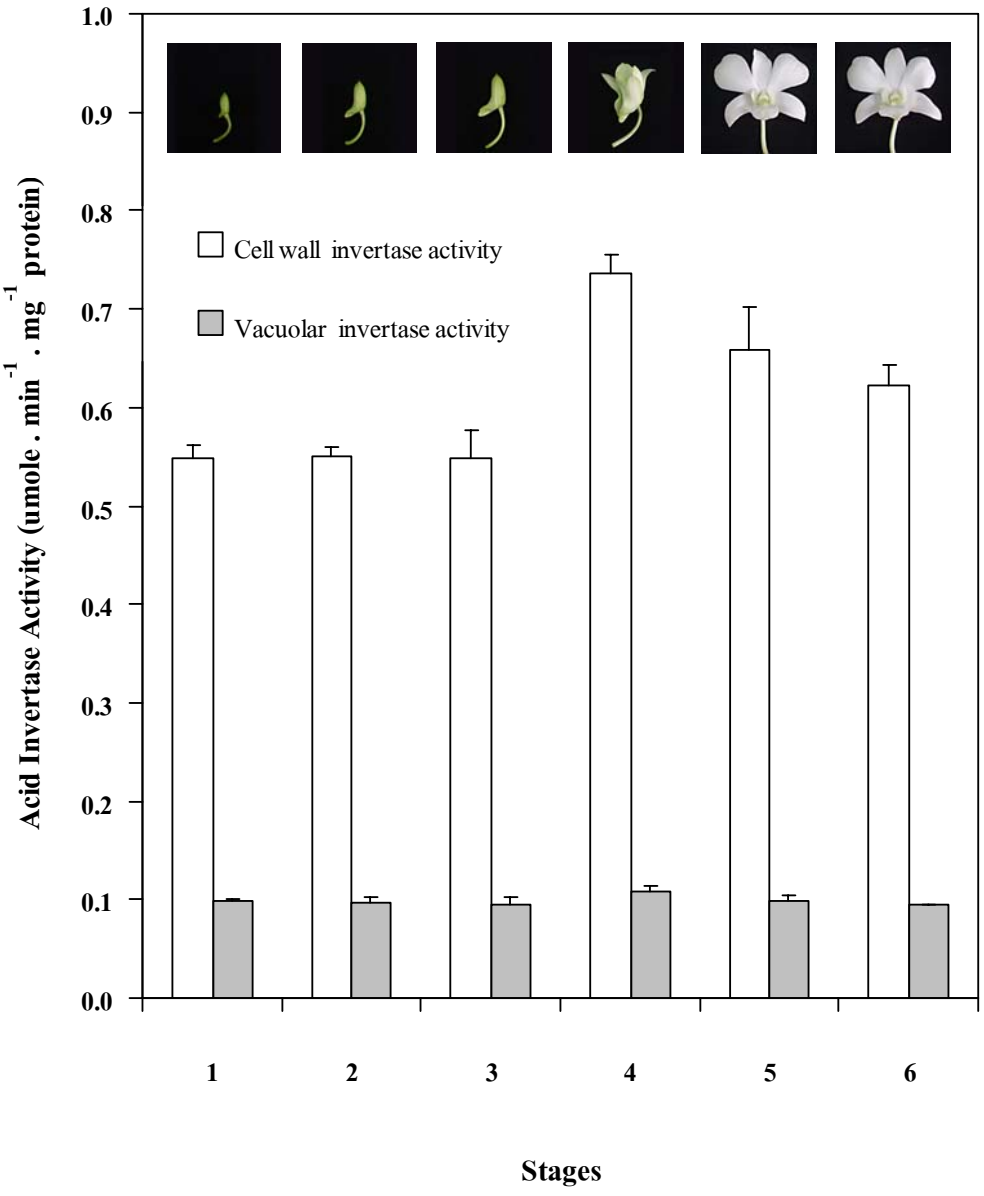
3.2 กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส

ช่อดอกกล้วยไม้ในดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ พบกิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase ต่ำมากเมื่อเทียบกับเอนไซม์ cell wall invertase ในทุกตำแหน่งของช่อดอก (ตารางผนวกที่ 8) โดยดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ดอกตูมทั้ง 3 ตำแหน่ง มีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ใกล้เคียงกัน และเพิ่มสูงขึ้นในดอกแย้ม ส่วนในดอกบานทั้งตำแหน่งที่ 2 และ 4 พบว่ามีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ลดลง ตามลำดับ (ภาพที่ 12, ตารางผนวกที่ 9)



ภาพที่ 11 น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

I ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน



ภาพที่ 12 กิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase และ vacuolar invertase ของดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

I ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส ในแต่ละส่วนของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล

4.1.1 ปริมาณน้ำตาลซูโครส

ปริมาณน้ำตาลซูโครสในดอกแย้มน้อยกว่าดอกบานในทุกทรีทเมนต์ตลอดการทดลอง และพบว่าในส่วนเส้าเกสรของทั้งดอกแย้มและดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่าในส่วนของกลีบดอก (petal sepal และ labellum) (ภาพที่ 13A และ 13D) ดอกแย้มในส่วนเส้าเกสรและกลีบดอกของช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงในวันที่ 4 และกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 8 ขณะที่ในส่วนของเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น แต่ในส่วนของกลีบดอก พบว่ามีปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 8 (ภาพที่ 13A) ส่วนกลีบดอกในดอกบานของช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงแล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 8 ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายส่วนกลีบดอกมีปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงในวันที่ 4 และคงที่ สำหรับในส่วนเส้าเกสรของช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงและคงที่เช่นกัน แต่ส่วนเส้าเกสรของช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายมีปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 13D)

4.1.2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคส

ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุมีค่าน้อยกว่าในดอกบาน แต่ในเส้าเกสรมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสใกล้เคียงกัน และพบว่าในส่วนของเส้าเกสรของทั้งดอกแย้มและดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุ มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อยกว่าในส่วนของกลีบดอก (ภาพที่ 13B 13E และตารางผนวกที่ 10) ส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสลดลงและเพิ่มขึ้นในวันที่ 8 แต่ส่วนเส้าเกสรพบว่ามีปริมาณน้ำตาลกลูโคสลดลงตลอดการทดลอง ขณะที่ส่วนกลีบดอกและเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลาย มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสลดลงและเพิ่มขึ้นในวันที่ 8 (ภาพที่ 13B และตารางผนวกที่ 10)

ในดอกบานทุกทรีทเมนต์มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 13E และตารางผนวกที่ 10)

4.1.3 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส

ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย มีค่าใกล้เคียงกับดอกบาน แต่ในส่วนเส้าเกสรพบว่าปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของดอกแย้มที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมากกว่าดอกบานตลอดการทดลอง ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุ มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสน้อยกว่าดอกบานในวันที่ 4 แต่มากกว่าดอกบานในวันที่ 8 ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมากกว่ากลีบดอก ในวันแรกและวันที่ 4 และกลับน้อยกว่ากลีบดอกในวันที่ 8 ขณะที่ในส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุ มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสใกล้เคียงกับกลีบดอกในวันที่ 4 แต่มากกว่ากลีบดอกเล็กน้อยในวันที่ 8 ในส่วนเส้าเกสรของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่ามีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสน้อยกว่าในกลีบดอก แต่ช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายกลับพบว่ามีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในเส้าเกสรมากกว่ากลีบดอกในวันที่ 4 และใกล้เคียงกันในวันที่ 8 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในดอกแย้มและดอกบานทุกทรีทเมนต์มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 13C และ 13F)

4.2 กิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส

4.2.1 กิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase

กิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase ของดอกแย้มมีมากกว่าดอกบานตลอดการทดลอง ยกเว้น ในส่วนกลีบดอก (petal sepal และ labellum) ของดอกบานที่ปักแจกันในน้ำกลั่นที่มีกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่าดอกแย้ม (ภาพที่ 14A, 14B และตารางผนวกที่ 11)

ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase ใกล้เคียงกับกลีบดอกในวันแรกและวันที่ 8 แต่น้อยกว่าในวันที่ 4 ขณะที่ส่วนเส้าเกสรในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลาย มีกิจกรรมของเอนไซม์ใกล้เคียงกับกลีบดอกตลอดการทดลอง ส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมของ

เอนไซม์ลดลงตลอดการทดลอง แต่ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีกิจกรรมเอนไซม์สูงในวันแรก และลดลงในวันที่ 4 แล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 8 ส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุ มีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงตลอดการทดลอง แต่ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลาย มีกิจกรรมของเอนไซม์ค่อนข้างคงที่ (ในวันที่ 4 และ 8) (ภาพที่ 14A และตารางผนวกที่ 11)

ส่วนเส้าเกสรของดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุ มีกิจกรรมของเอนไซม์ใกล้เคียงกับกลีบดอกตลอดการทดลอง ส่วนกลีบดอกและเส้าเกสรของดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมเอนไซม์ลดลงและเพิ่มขึ้นในวันที่ 8 ขณะที่ส่วนกลีบดอกและเส้าเกสรของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย มีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 14B และตารางผนวกที่ 11)

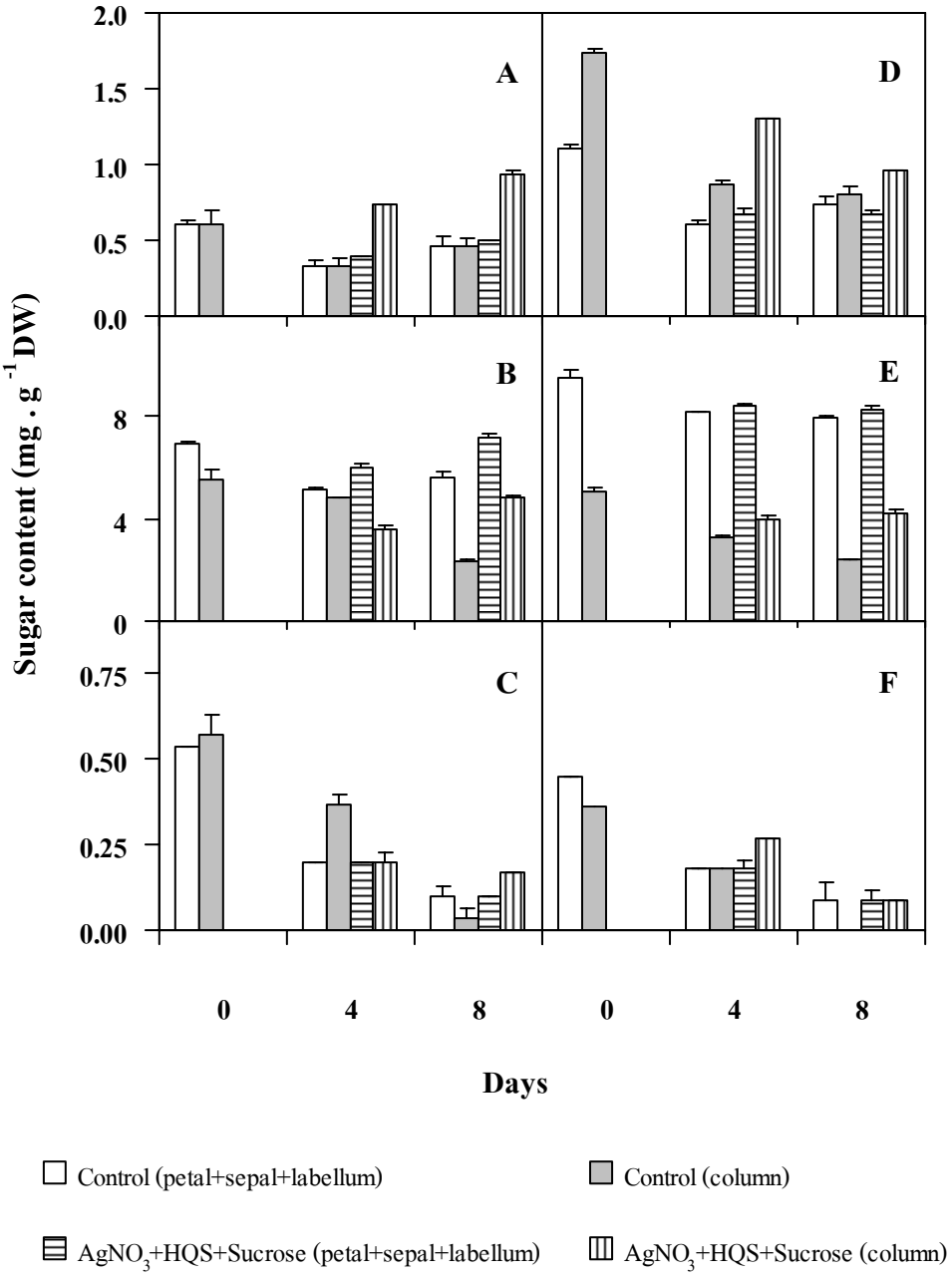
4.2.2 กิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase

ในส่วนกลีบดอกของดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายยืดอายุ พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ใกล้เคียงกับดอกแย้มในวันแรกและวันที่ 4 แต่ในวันที่ 8 พบว่ามีกิจกรรมเอนไซม์มากกว่าในดอกแย้ม ขณะที่ส่วนเส้าเกสรของดอกบานกลับมีกิจกรรมของเอนไซม์น้อยกว่าในดอกแย้ม (ภาพที่ 15A, 15B และตารางผนวกที่ 12)

ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นทุกทรีทเมนต์มีกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่าในกลีบดอกอย่างเด่นชัด ส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่ามีกิจกรรมสูงขึ้นในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 8 ขณะที่ในส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงในวันที่ 4 แล้วเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 8 ส่วนกลีบดอกของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุ มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 8 แต่ในส่วนของเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุ พบกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 15A และตารางผนวกที่ 12)

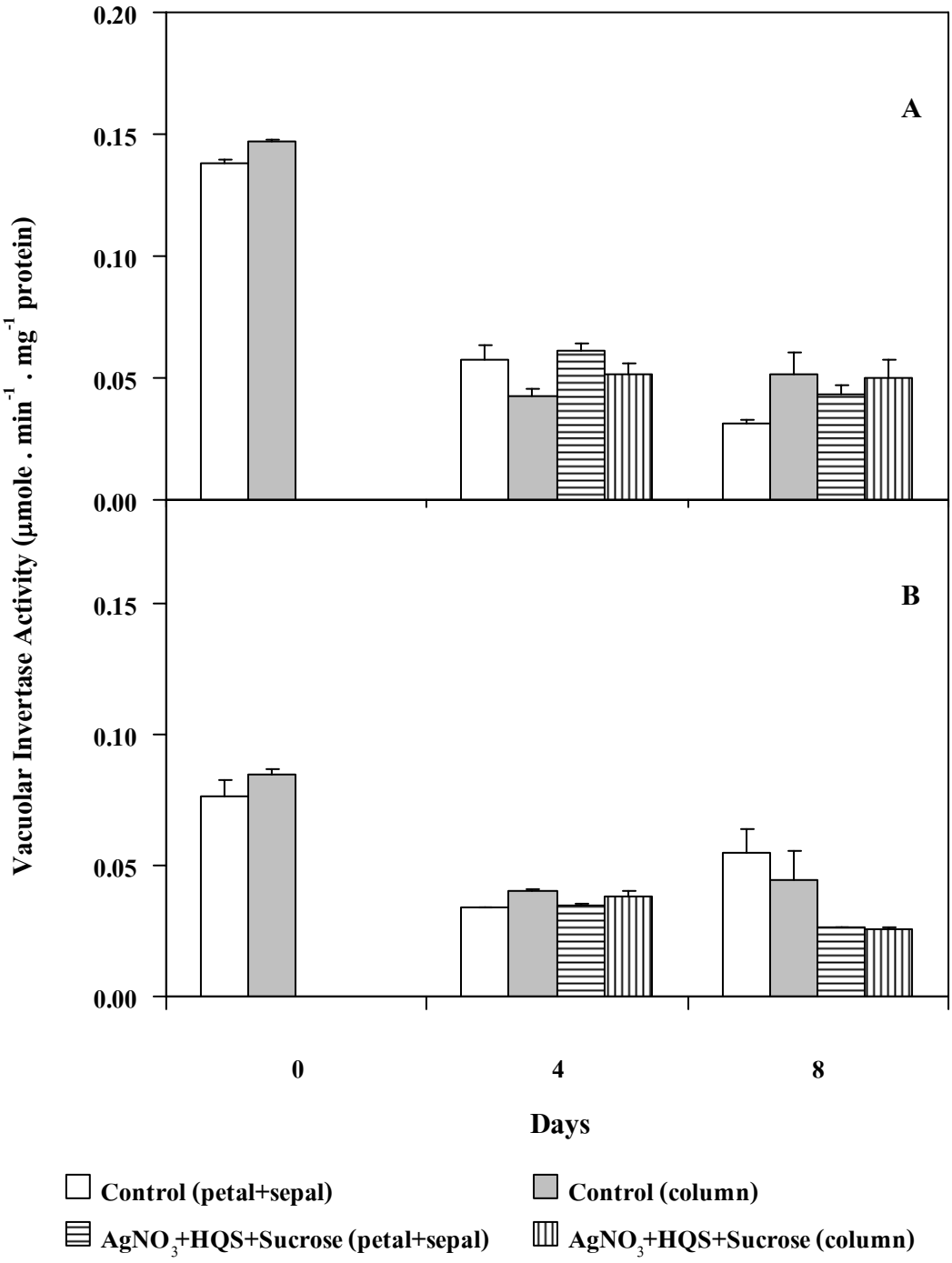
ส่วนเส้าเกสรของดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและในสารละลายมีกิจกรรมเอนไซม์ใกล้เคียงกับกลีบดอก ส่วนกลีบดอกของดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุ มีกิจกรรมสูงขึ้นในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 8 ขณะที่ในส่วนของ

เส้าเกสรของดอกบานในช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุมีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 15B และตารางผนวกที่ 12)



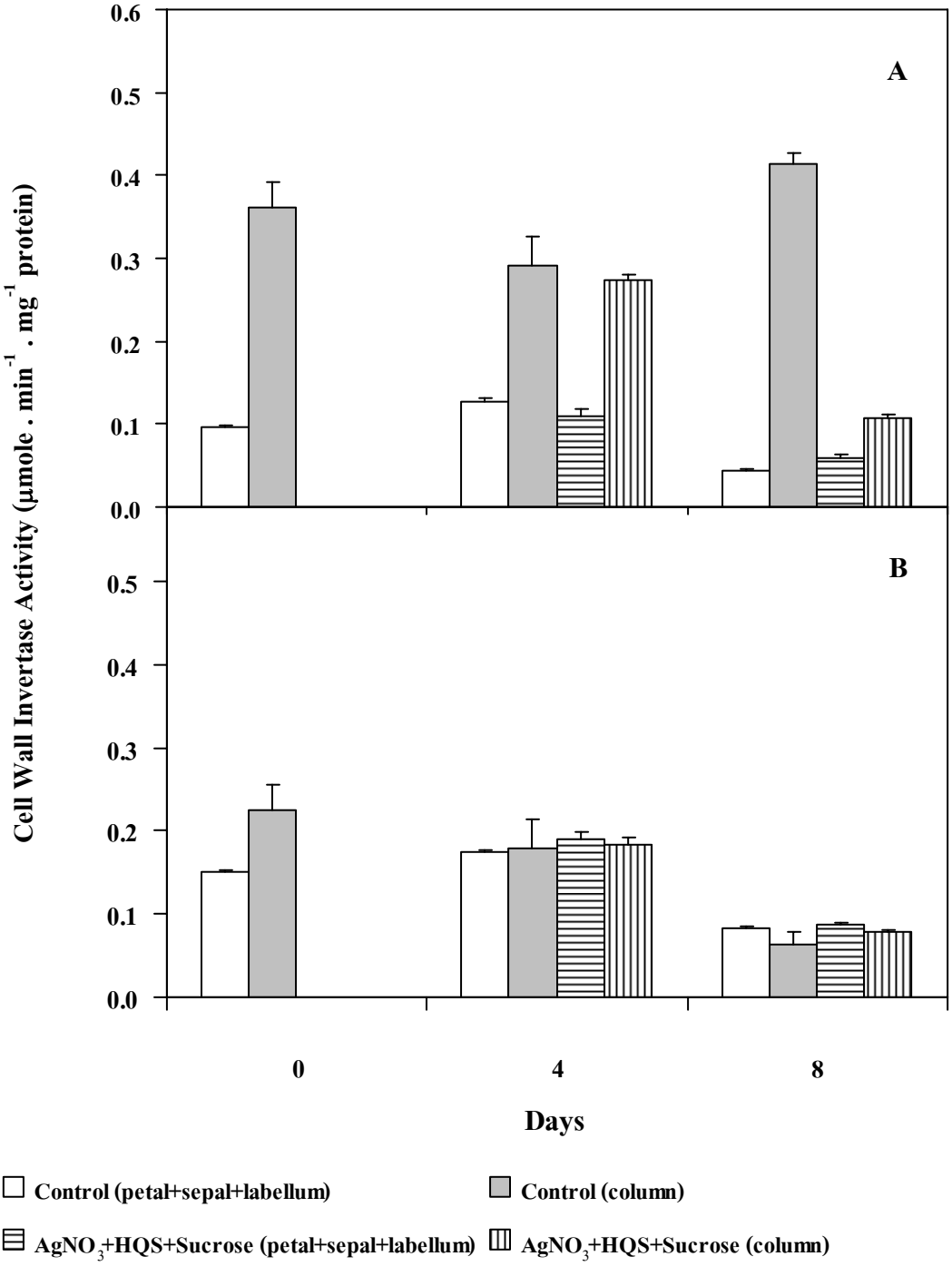
ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (A) กลูโคส (B) และ ฟรุกโตส (C) ของดอกแย้ม และปริมาณน้ำตาลซูโครส (D) กลูโคส (E) และ ฟรุกโตส (F) ของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%

I ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน



ภาพที่ 14 กิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase ของดอกแย้ม (A) และของดอกบาน (B) ในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%

I ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน



ภาพที่ 15 กิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ของดอกแย้ม (A) และดอกบาน (B) ในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%

I ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

วิจารณ์

การศึกษาการตอบสนองของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ต่อสารละลายยืดอายุปักแจกันที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ พบว่าการให้สารละลายยืดอายุปักแจกันที่ประกอบด้วยน้ำตาลและสารฆ่าจุลินทรีย์ เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพดอกกล้วยไม้หลังการเก็บเกี่ยว ในดอกกล้วยไม้หวายที่ปักแจกันในสารละลายที่มี $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส ทำให้มีการเสื่อมสภาพของดอกบานช้าลง ดอกตูมบานเพิ่มขึ้น อายุการปักแจกันนาน การดูดน้ำและน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น แตกต่างกับช่อดอกกล้วยไม้หวายที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันที่มีเพียงสารฆ่าจุลินทรีย์ ($AgNO_3$ + HQS) หรือในน้ำกลั่น (ภาพที่ 4 5 6 7 และตารางภาคผนวกที่ 1-4) ดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ทำให้ช่อดอกกล้วยไม้ดูดน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากเงิน ($AgNO_3$) ที่ใช้ในสารละลายยืดอายุปักแจกันมีคุณสมบัติฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำที่แช่ก้านดอกไม้ และทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอทิลีนด้วย (Veen, 1979; 1983) สำหรับ 8-hydroxyquinoline sulfate (HQS) นั้น มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราในน้ำที่แช่ก้านดอกไม้ รวมทั้งยับยั้งการอุดตันของท่อลำเลียงด้วย (Marosky, 1972) ดังนั้น จึงพบว่าช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุการปักแจกันมีการดูดน้ำมาก (ภาพที่ 6) สอดคล้องกับการรายงานของดวงพร (2529) พบว่า สารละลาย HQS สามารถยืดอายุการปักแจกันได้ดีกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่นในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ปอมปาดัวร์ และยังพบว่าการแช่ดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายที่มี $AgNO_3$ เป็นส่วนประกอบ ทำให้คุณภาพของสารละลายเคมีสามารถยืดอายุการปักแจกันได้ผลดีกว่าสารละลายที่ขาด $AgNO_3$

แม้ว่าเคยมีการใช้กลูโคสในสารละลายยืดอายุการปักแจกันในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ เช่น ยุพดีวัน ปอมปาดัวร์ และ ‘Jew Yuay Tew’ สามารถยืดอายุการปักแจกันได้ดีกว่าการใช้ซูโครส (จตุรภัทร, 2541; Ketsa and Boonrote, 1990; Ketsa *et al*., 1995) เนื่องจากน้ำตาลที่ใช้ได้ผลดีในกล้วยไม้สกุลหวายคือ กลูโคส และน้ำตาลกลูโคส (reducing sugar) เป็นน้ำตาลที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที (ทวี, 2532) ขณะที่น้ำตาลซูโครส (non-reducing sugar) เป็นน้ำตาลที่สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส จึงทำให้ซูโครสสามารถเคลื่อนที่ไปยังแหล่งอาหารและดอกไม้ใช้ได้เร็ว (สายชล, 2531) ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ พบว่าช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่ปักแจกันในสารละลายที่มีกลูโคสและซูโครส มีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ การศึกษาครั้งนี้ไม่พบการร่วงของดอกตูมและดอกบาน และดอกตูมไม่เหี่ยวในทุกทรีทเมนต์ตลอดการทดลอง แต่พบการเสื่อมสภาพของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นเร็วที่สุด รองลงมาคือ ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS

และช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครสตามลำดับ เนื่องจากช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย $AgNO_3$ + HQS มีแหล่งอาหารสะสมภายในช่อดอกเพียงแหล่งเดียวคือ ดอกบาน ดังในการทดลองของอารีรัตน์ (2547) พบว่า ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ปอมปาดัวร์ มีสทีน ซากุระ ซีซ่าร์ และอินทุวงศ์ที่ไม่ปลิดดอก มีดอกตูมร่วงน้อยกว่าและดอกตูมสามารถบานเพิ่มมากกว่าดอกกล้วยไม้ที่ปลิดดอกบานออก 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อมีการดึงอาหารจากดอกบานไปใช้ในกระบวนการหายใจเรื่อยๆ ขณะที่การสร้างอาหารน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย ทำให้อาหารภายในช่อดอกลดลงเร็วกว่า ขณะที่ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส นอกจากมีแหล่งอาหารสะสมภายในช่อดอกแล้วยังมีแหล่งอาหารคือน้ำตาลที่ให้ไปกับสารละลายเพิ่มเข้าไปอีกแหล่งหนึ่ง ทำให้ดอกมีอาหารใช้ในกระบวนการหายใจมากขึ้นและอาหารภายในช่อดอกลดลงช้ากว่า จึงสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกบานได้ ดังรายงานของ Marissen and Brijn (1995) ที่กล่าวว่า ดอกกุหลาบพันธุ์ ‘Sonia’ และ ‘Madelon’ ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 1 มก./ลิตร + ซูโครส 15 กรัม/ลิตร สามารถเป็นแหล่งอาหารให้กับดอกตูมได้เช่นเดียวกับใบกุหลาบ

ในการบานของดอกตูมนั้น มักเกิดขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของ soluble sugar ในเซลล์ของกลีบดอกเสมอ (Reid, 2005) เนื่องจากมีการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อใช้ในการหายใจและใช้ในการสร้างผนังเซลล์ ทำให้ค่าออสโมติกโพเทนเชียลภายในเซลล์ลดลง และทำให้เซลล์มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้น เกิดการยืดขยายของเซลล์และเซลล์อยู่ในสภาพเต่ง ส่งผลให้ดอกตูมสามารถบานได้ (Kaltaler and Steponkous, 1974; Reid and Evans, 1988; Mayak *et al*., 2001) ซึ่งการนำช่อดอกกล้วยไม้มาปักแจกันในสารละลายยืดอายุที่มีน้ำตาล จะยิ่งส่งเสริมให้ค่าออสโมติกโพเทนเชียลภายในเซลล์ลดลง และทำให้เซลล์มีการดูดน้ำเพิ่มยิ่งขึ้น ดังนั้น จากการทดลองจึงพบว่าในช่อดอกกล้วยไม้หวายที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส มีการบานของดอกตูมและการดูดน้ำมากกว่าช่อดอกกล้วยไม้หวายที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันที่มี $AgNO_3$ + HQS หรือในน้ำกลั่น (ภาพที่ 5 และ 6) สอดคล้องกับการทดลองของจตุรภัทร (2541) พบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในกลูโคส 4% ร่วมกับ AOA 0.5 มิลลิโมล มีการบานของดอกตูมและการดูดน้ำมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น

อาหารสะสมของกล้วยไม้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต ซึ่งพืชสะสมในกลีบดอก ช่อดอก ใบ และส่วนอื่นๆ (Kramer and Kozlowski, 1979; Salisbury and Ross, 1992) จากการทดลอง

พบว่า ดอกบานมีการเจริญเติบโตและพัฒนามากกว่าดอกตูม ทำให้มีอาหารสะสมภายในก่อนเก็บเกี่ยวมากกว่าดอกตูม ดังนั้น จึงพบว่ามีผลรวมของน้ำตาลคือ ซูโครส (non-reducing sugar) กลูโคส และฟรุกโตส (reducing sugars) ในดอกบานมากกว่าในดอกตูม โดยมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบหลัก (ภาพที่ 8) เช่นเดียวกับการรายงานของ อารีรัตน์ (2547) พบว่า ปริมาณ non-reducing sugars (NRS), reducing sugars (RS) และ total sugars (TS) ในดอกบานมีมากกว่าในดอกตูม พบว่าดอกตูมของช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสน้อยกว่าที่ปักแจกันในสารละลาย (ภาพที่ 8) ขณะที่ดอกบานของช่อดอกที่ปักแจกันทั้งในน้ำกลั่นและสารละลาย พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในทรีทเมนต์ทั้งสองใกล้เคียงกัน ยกเว้นในวันที่ 4 เท่านั้นที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสในดอกบานของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายมากกว่าในน้ำกลั่น อาจเป็นเพราะว่าดอกตูมที่กำลังจะบานต้องการใช้พลังงานมาก (Waithaka *et al*., 2001) และอาหารภายในดอกตูมมีน้อย จึงมีการดึงอาหาร (จากสารละลาย) ได้มากกว่าดอกบาน ขณะที่ดอกบานใช้อาหารเพื่อดำรงชีพอยู่ และมีอาหารสะสมภายในมากอยู่แล้ว จึงต้องการใช้อาหารน้อยกว่าดอกตูม ดังนั้นดอกบานของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุที่มีน้ำตาล จึงพบว่ามีปริมาณน้ำตาลใกล้เคียงกับช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น

Marissen and Brijn (1995) ได้ศึกษาว่า การเด็ดใบกุหลาบพันธุ์ ‘Sonia’ และ ‘Madelon’ ออก จะทำให้ดอกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง แต่เมื่อเด็ดดอกออก พบว่า ใบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของน้ำตาลจากแหล่งให้อาหาร (source) ไปยังแหล่งใช้อาหาร (sink) (Eschrich, 1980) โดยน้ำตาลที่เคลื่อนที่ได้เร็วคือ น้ำตาลซูโครส (van der Meulen-Muisers *et al*., 2001) ซึ่งน้ำตาลซูโครสจากแหล่งให้อาหารจะถูกส่งผ่านท่อลำเลียงอาหาร จะทำให้ค่าวอเตอร์โพเทนเชียลภายในท่อลำเลียงอาหารลดลง น้ำจะออสโมซิสจากเซลล์ข้างเคียงทำให้เกิดแรงดันเทอร์เกอร์สูงขึ้น และแรงดันนี้จะดันสารอาหาร (น้ำตาลซูโครส) ให้มวลสารไหลไปด้วยกันต่อเนื่องกัน (สมบุญ, 2544) จนถึงแหล่งใช้อาหาร ในการเคลื่อนที่ดังกล่าว คาดว่ามีการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตสด้วยเอนไซม์ cell wall invertase (เอนไซม์อินเวอร์เทสที่อยู่ที่ผนังเซลล์) ก่อนที่น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสจะเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์ ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กกว่าน้ำตาลซูโครส จึงสามารถเข้าสู่เซลล์ได้ง่ายกว่า ดังนั้น จากผลการทดลอง จึงพบกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase มีมากกว่า vacuolar invertase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่ในแวคิวโอลอีกชั้นหนึ่ง (Ma *et al*., 2000) และเมื่อเปรียบเทียบดอกย่อยภายในช่อดอก พบว่าดอกย่อยช่วงจากดอกตูมเป็นดอกแย้มมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และดอกแย้มมีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase มากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากดอกย่อยตำแหน่งอื่นๆ ภายในช่อดอกเดียวกัน (ภาพที่ 11 12 และตารางผนวกที่ 7-9) สอดคล้องกับการศึกษาในดอก

คาร์เนชั่นของ Woodson and Wang (1987) พบว่ามีการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์มากขึ้นและมีกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสสูงขึ้น ในระหว่างการพัฒนาของกลีบดอกคาร์เนชั่น และ Morris and Arthur (1984) ได้กล่าวว่า บ่อยครั้งจะพบกิจกรรมของเอนไซม์ acid invertase สูงขึ้น เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีการยืดขยายของเนื้อเยื่อ เช่นเดียวกับที่ Eschrich (1980) รายงานว่าพบกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ที่สูงในบริเวณที่มีการยืดขยายของเซลล์ (extension zone) เช่น ปลายราก บริเวณข้อ และในส่วนที่มีการเจริญเติบโต เช่น รากแก้ว ใบอ่อน เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าในดอกแย้มที่มีกิจกรรมของ cell wall invertase สูงนั้น เพื่อย่อยสลายน้ำตาลซูโครสเป็นกลูโคสและฟรุกโตส จึงทำให้ดอกแย้มมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับดอกตูม ส่วนดอกตูมขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ใกล้เคียงกัน และน้อยกว่าในดอกบานขนาดเล็กและใหญ่ อาจเป็นเพราะดอกตูมที่ยังไม่บานยังไม่มีความต้องการในการใช้พลังงานมากนัก รวมทั้งดอกบานอัตราการหายใจมาก จากรายงานของ Lay-Yee *et al*. (1992) พบว่า ในดอกบานของดอกเดย์ลิลลี่ มีอัตราการหายใจสูงกว่าดอกตูม ดังนั้น จึงมีการใช้น้ำตาลมาก น้ำตาลภายในเซลล์ลดลง จึงส่งเสริมการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase เพิ่มขึ้น เพื่อใช้ในกระบวนการหายใจ (Strum, 1999)

Strum and Chrispeels (1990) รายงานว่า กิจกรรมเอนไซม์ acid invertase จะเพิ่มขึ้น เมื่อเนื้อเยื่อมีความต้องการกลูโคสและฟรุกโตส (hexoses) เพิ่มขึ้นภายใต้สภาวะเครียด แสดงว่ากิจกรรมเอนไซม์ acid invertase (cell wall invertase และ vacuolar invertase) ที่พบมากในวันแรกของทั้งดอกตูมและดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ อาจเป็นเพราะช่อดอกกล้วยไม้เพิ่งจะถูกตัดขาดจากต้นแม่ จึงถูกตัดขาดจากแหล่งอาหารไปด้วย และใช้เวลาในการขนส่ง จึงอาจทำให้ช่อดอกกล้วยไม้มีความต้องการอาหารและอยู่ในสภาวะเครียดเช่นกัน จึงพบกิจกรรมของ acid invertase สูงในวันแรก แต่เมื่อนำมาปักแจกันนานขึ้น (2-6 วัน) พบกิจกรรมของเอนไซม์ลดต่ำลง เป็นไปได้ว่าดอกกล้วยไม้มีการปรับตัวสามารถดูดน้ำและใช้อาหารภายในช่อดอกเองหรือจากสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับซูโครส แต่เมื่อปักแจกันนานขึ้น จะพบกิจกรรมของเอนไซม์ acid invertase สูงขึ้นอีกครั้ง ในวันที่ 8 ทั้งดอกตูมและดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย (ภาพที่ 10A และ 10B) โดยพบว่าดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมเอนไซม์ acid invertase สูงขึ้น สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลที่ลดลง เมื่อปักแจกันนานขึ้น (2-10 วัน) เป็นไปได้ว่า เมื่อระดับน้ำตาลซูโครสลดลง ทำให้เอนไซม์ acid invertase (cell wall invertase) มีกิจกรรมสูงขึ้นเพื่อความอยู่รอด แต่ถึงอย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสที่วัดได้ยังคงต่ำตลอดการทดลอง ทั้งที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ acid invertase สูงขึ้นในวันที่ 8 น่าจะเป็นเพราะสารตั้งต้น (น้ำตาลซูโครส) มีอยู่น้อย ทำให้เปลี่ยนไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตส

ได้น้อยร่วมกับการนำน้ำตาลบางส่วนไปใช้ในกระบวนการหายใจ จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลที่เหลืออยู่หรือที่วัดได้มีอยู่น้อย ขณะที่ดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบกิจกรรมของเอนไซม์ acid invertase เช่นกัน แต่พบกิจกรรมของเอนไซม์ acid invertase น้อยกว่าในดอกตูม น่าจะเป็นเพราะน้ำตาลซูโครสยังคงสูงอยู่ ซึ่ง Roitsh (2000) กล่าวว่า cell wall invertase จะมีกิจกรรมสูงขึ้นเมื่อแหล่งใช้อาหารต้องการใช้คาร์โบไฮเดรต และพบว่าทั้งดอกตูมและดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมเอนไซม์ acid invertase สูงกว่าที่ปักแจกันในสารละลาย แสดงว่าน้ำตาลที่ให้ในสารละลายแก่ช่อดอกกล้วยไม้ สามารถชะลอการเสื่อมสภาพทำให้ดอกกล้วยไม้ยังคงมีน้ำตาลซูโครสอยู่ในระดับสูงพอ จึงมีกิจกรรมของเอนไซม์ acid invertase ไม่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Hurst *et al*. (1997) ซึ่งเมื่อเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งภายใต้การควบคุมบรรยากาศ (O_2 2% CO_2 10% และอุณหภูมิ 20^{o}C) สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของหน่อไม้ฝรั่งได้ ทำให้มีปริมาณซูโครสในเนื้อเยื่อลดลงน้อย และมีกิจกรรมเอนไซม์ acid invertase น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ (O_2 21%, CO_2 0.03%, อุณหภูมิ 20 $\pm$ 1^{o}C และความชื้นสัมพัทธ์ 50-60%)

ในส่วนกลีบดอก (petals sepals และ labellum) และเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย ไม่มีความแตกต่างกันของกิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase ยกเว้นวันที่ 4 (ภาพที่ 14A และตารางผนวกที่ 11) ขณะที่เส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase มากกว่าในกลีบดอกมาก และเมื่อพิจารณาในส่วนของ column ของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ลดลงในวันที่ 4 และสูงขึ้นในวันที่ 8 (ภาพที่ 15A) พร้อมกับการลดลงของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสตลอดการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองของ Kaltaler and Steponkus (1974) ที่มีแนวโน้มของปริมาณน้ำตาลในดอกกุหลาบลดลงตลอดการทดลอง ซึ่งการลดลงของน้ำตาลนี้อาจเป็นสัญญาณให้เอนไซม์ cell wall invertase มีกิจกรรมสูงขึ้นในเส้าเกสร (Rotish, 2000) แต่ในเส้าเกสรกลับมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสน้อยกว่าในส่วนกลีบดอกมาก ทั้งที่ในกลีบดอกมีกิจกรรม cell wall invertase ต่ำ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าน้ำตาลซูโครสในเส้าเกสรถูกย่อยด้วยเอนไซม์ cell wall invertase เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส แล้วน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสเคลื่อนที่ไปสู่ส่วนของกลีบดอก (ภาพที่ 13A-C 15A และภาพผนวกที่ 1A) แสดงว่าเส้าเกสรเป็นแหล่งสำคัญของ cell wall invertase เอนไซม์นี้เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส และส่งต่อน้ำตาลไปยังกลีบดอก เช่นเดียวกับการทดลองของ Yamane *et al*. (1993) พบว่า มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารจากรังไข่มายังส่วนอื่นๆ ของดอกแกลดิโอลัส และสารอาหารเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ไปยังดอกย่อยที่อยู่ถัดขึ้นไปได้อีกด้วย

ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase มากกว่าในกลีบดอกมากเช่นกัน แต่กิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ปริมาณของน้ำตาลซูโครสในเส้าเกสรมีอยู่ในระดับสูง และปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสมีมากในส่วนกลีบดอก (ภาพที่ 13A-C 15A และภาพผนวกที่ 2A) อาจเนื่องมาจากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องย่อยสลายน้ำตาลซูโครสเป็นกลูโคสและฟรุกโตส เพราะมีน้ำตาลมากอยู่แล้วทั้งในเส้าเกสรและกลีบดอก จึงไม่มีสัญญาณที่จะไปกระตุ้นให้กิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ทำงานเหมือนกับดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น ดังนั้น กิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase จึงลดลง (Strum, 1999) และในรายงานของ Kaltaler and Steponkus (1979) พบว่า ในดอกกุหลาบที่ปักแจกันในสารละลายยืดอายุที่มีน้ำตาล (HQS 200 มก./ลิตร + ซูโครส 2%) มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส มากกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่นเช่นกัน และสอดคล้องกับการรายงานของ Hawker *et al*. (2001) ที่พบว่าในดอกคาร์เนชั่นที่ปักแจกันในสารละลายที่มีน้ำตาล มีปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่น 3 เท่า และ 2 เท่า ตามลำดับ

สำหรับเส้าเกสรและกลีบดอกของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase และ cell wall invertase ในระดับต่ำและไม่ต่างกัน (ภาพที่ 14B และ 15B) ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้ง 3 ชนิด (ซูโครส กลูโคสและฟรุกโตส) มีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 13D-F ภาพผนวกที่ 1B และ 2B) สอดคล้องกับที่ Bieleski (1993) รายงานว่า เมื่อดอกเดย์ลิลลี่บานจนกระทั่งเหี่ยว พบว่ามีน้ำหนักแห้งของดอกลดลง อาจเป็นเพราะหลังการปักแจกันนาน 8 วัน ทำให้ดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้เข้าสู่ระยะการเสื่อมสภาพ ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ในส่วนของเส้าเกสรลดลง แต่ในส่วนกลีบดอกเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 8 เนื่องจากอาจมีการสังเคราะห์สารยับยั้งเอนไซม์อินเวอร์เทสขึ้น เช่นเดียวกับที่ Halaba and Rudnicki (1989) พบว่า ในดอกคาร์เนชั่นที่แสดงอาการเหี่ยว จะมีกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสลดลงและมีการสร้างสารยับยั้งเอนไซม์อินเวอร์เทสขึ้น เพื่อที่จะเปลี่ยนจากน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสไปเป็นซูโครส แล้วน้ำตาลซูโครสจะเคลื่อนที่ไปยังดอกตูมและดอกที่อยู่ถัดขึ้นไปด้านบนของช่อดอกกล้วยไม้ ก่อนที่ดอกบานจะมีการเหี่ยวและหลุดร่วงไป อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสในเส้าเกสรของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย มีมากกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 13D และ 15B) ทำให้มีน้ำตาลที่จะใช้ในกระบวนการหายใจมากขึ้น จึงชะลอการเสื่อมสภาพของดอกบานที่ปักแจกันในสารละลายได้ ดังนั้น จึงพบว่าการเสื่อมสภาพของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายช้ากว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 4)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลายที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบ สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกบาน เพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสภายในช่อดอกกล้วยไม้ และกิจกรรม acid invertase ไม่เพิ่มสูงขึ้น จึงสามารถตัดช่อดอกกล้วยไม้ได้เร็วขึ้น ซึ่งช่อดอกกล้วยไม้นั้นจะมีจำนวนดอกบานน้อย ดังนั้น ภายหลังการเก็บเกี่ยวควรจะให้ช่อดอกกล้วยไม้ได้รับการปักแจกันในสารละลายยืดอายุปักแจกันที่มีน้ำตาลซูโครส จึงจะช่วยเพิ่มการบานของดอกตูมและสามารถยืดอายุการปักแจกันให้ยาวนานขึ้น

สรุป

จากการศึกษาผลของน้ำตาลในสารยืดอายุที่มีต่อเมแทบอลิซึมของน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS ร่วมกับน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส เพิ่มอายุการปักแจกัน การบานของดอกตูม การดูดน้ำ และลดการเสื่อมสภาพของดอกบานได้ดีกว่าช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ + HQS และในน้ำกลั่น ตามลำดับ

2. ดอกตูมและดอกบานของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน มีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำตาลทั้งหมดในดอก และพบกิจกรรม cell wall invertase มากกว่า vacuolar invertase

3. ดอกตูมของช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร+ HQS 225 มก./ลิตร + sucrose 4% มีน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสมากกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่น แต่มีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase น้อยกว่า ส่วนดอกบานของช่อดอกที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายที่มีน้ำตาล มีปริมาณน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดใกล้เคียงกัน แต่กิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ของดอกบานที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมากกว่าที่ปักแจกันในสารละลายที่มีน้ำตาล

4. น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของดอกกล้วยไม้เพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของดอกกล้วยไม้ และมีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งดอกบานใหญ่ (ตำแหน่งที่ 4) มีน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดมากที่สุด

5. ดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ในช่อดอกกล้วยไม้ มีกิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase ไม่ต่างกัน ขณะที่พบกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase มากที่สุดในดอกแย้ม รองลงมาคือดอกบานตำแหน่งที่ 2 และ 4 ขณะที่ดอกตูมทั้ง 3 ตำแหน่ง มีกิจกรรมของเอนไซม์น้อยที่สุดซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับดอกบาน

6. ช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันนานขึ้น ในส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น มีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase มากกว่าในกลีบดอก และมี

กิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase เพิ่มขึ้น แต่มีน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสลดลง ขณะที่ในกลีบดอกกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ต่ำ แต่มีน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้น ส่วนเส้าเกสรของดอกแย้มในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในสารละลาย มีกิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase ลดลง และมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น ในกลีบดอกมีกิจกรรมเอนไซม์ต่ำ แต่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสมาก

7. เส้าเกสรและกลีบดอกของดอกบานในช่อดอกกล้วยไม้ที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายมีกิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase ต่ำ และปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดลดลงใกล้เคียงกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2547. **ข้อมูลการส่งออกดอกและต้นกล้วยไม้.** กระทรวงพาณิชย์. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. **ข้อมูลปริมาณและมูลค่าการส่งออกไม้ตัดดอก.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกยูร ธีรเจริญปัญญา. 2529. **ผลของการใช้ไฮดรอกซีควิโนลีนซัลเฟต ซิลเวอร์ไนเตรด ซิลเวอร์ไธโอซัลเฟต กลูโคส และซูโครส ที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้หวาย วอลเตอร์โอมาย (*Dendrobium* 'Walter Oumae').** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ครรชิต ธรรมศิริ. 2531. เม็ดสีและการถ่ายทอดลักษณะสีในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย. **วิทยาสารสถาบันวิจัยพืชสวน** 8 (5): 71-76.

ครรชิต ธรรมศิริ. 2547. **เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้.** บริษัทอมรินทรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

จตุรภัทร รัตนวิสาลนนท์. 2541. **ผลการใช้ Aminooxyacetic Acid (AOA) และกลูโคสต่ออายุการปักแจกันและการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย JYT.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จิตราพรรณ พิลึก. 2525. **การพัฒนาพันธุ์กล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวาย.** สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เฉลิมชัย วงษ์อารี. 2538. **บทบาทของดอกบานต่อการบานของดอกตูมในกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสม ซึ่งแช่ในสารละลายเคมียืดอายุการใช้งาน.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ช. ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, ศิริศักดิ์ สุนทรยาตร, สุภาพ อุบละ และสมมณฑ์ หงษ์เกิด. 2528. การปฏิบัติต่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายเพื่อการขนส่งระยะไกล, น. 95-99. *ใน* **รายการประชุมวิชาการครั้งที่ 23 ภาคโปสเตอร์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ดวงพร อมัติรัตนะ. 2529. **ผลของการใช้ไฮดรอกซิควิโนน ไฮดรอกซิควิโนลินซัลเฟต ซิลเวอร์ไนเตรท ซิลเวอร์ไธโอซัสเฟต กลูโคสและฟรุกโตส ที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้หวายปอมปาดัวร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ทวี รักษ์ศรีทอง. 2532. **การศึกษาสมรรถนะของน้ำยายืดอายุปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวายออนซีเดียมและแวนด้า.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นฤมล นาคบัว. 2540. **ผลของ aminooxyacetic acid (AOA) และซูโครสที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกุหลาบพันธุ์ Olympiad.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2526. **การปฏิบัติภายหลังการตัดดอกไม้.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บรรณ บูรชนบท. 2534. **กล้วยไม้สกุลหวาย.** สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ.

เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช. 2534. **ผลของการใช้สารยับยั้งการสร้างและการทำงานของเอทิลีนที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้หวายปอมปาดัวร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พนารัตน์ วิชัยดิษฐ. 2541. **ผลของการใช้คลอรีนและซูโครสที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกุหลาบ.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. **ฮอร์โมนและสารสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย.** วิชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ไพรีพ่ายฤทธิ์. 2521. **ตำรากล้วยไม้สำหรับผู้เริ่มเล่น.** อาทรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เย็นจิตต์ ปิยะแสงทอง. 2535. **การศึกษาบทบาทของซิลเวอร์อิออนในการยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้ หวายปอมปาดัวร์ (*Dendrobium* 'Pompadour').** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ระพี สาคริก. 2516. **พันธุ์กล้วยไม้ที่น่าสนใจ.** คุรุสภา, กรุงเทพฯ.

ระพี สาคริก. 2530. **กล้วยไม้.** ช่อนนทรี, กรุงเทพฯ.

ระพี สาคริก. 2546. **การปลูกกล้วยไม้เป็นการค้า และการพัฒนาบนพื้นฐานความมั่นคง.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลพ ภวภูตานนท์. 2529. **คุณภาพของน้ำชนิดต่างๆ ที่มีผลต่ออายุการปักแจกันของดอกกุหลาบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สนั่น ดาดวง. 2531. **ผลของโซเดียมไดคลอไรด์ไอโซไซยานูเรทและซูโครสที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกุหลาบ.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาพืช.** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2532. **เทคโนโลยีการผลิตและธุรกิจไม้ตัดดอก.** โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ.

สายชล เกตุษา. 2531. **เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของดอกไม้.** บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ.

สายชล เกตุษา, จิตราพรรณ พิลึก, ดวงพร อมัติรัตนะ และ รัชนี ธีระพจนารถ. 2528. รายงานวิจัยการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการใช้งานของดอกกล้วยไม้. *ใน* **รายงานการวิจัยภายใต้สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. **ข้อมูลการผลิตกล้วยไม้.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำอางค์ เนตรนารี. 2548. **กล้วยไม้.** เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

อัจฉรา บุณโรจน์. 2530. **การยืดอายุการปักแจกันของดอกกุหลาบโดยใช้ sodium benzoate และซูโครสในน้ำจากแหล่งต่างๆ.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย. 2547. **อิทธิพลของดอกบานที่มีต่อการร่วงและการบานของดอกตูมในกล้วยไม้สกุลหวายหลังการเก็บเกี่ยว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Accati, E. 1980. The role of bacterial metabolite(s) in affecting water uptake by carnation. **Acta Hortic.** 113: 137-142.

Andersen, M. N., F. Asch, Y. Wu, C. R. Jensen, H. Naested, V. O. Mogensen and K. E. Koch. 2002. Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical, abortion-sensitive phase of young ovary development in maize. **Plant Physiol.** 130: 591-604.

Ap Rees, T., 1974. Pathways of carbohydrate breakdown in higher plants. *In* Northcote, D. (Ed.). **Plant Biochemistry.** University Park Press, Baltimore, Maryland.

Behar, M. 1995. Evolution and orchids. **Amer. Orchid. Soc. Bull.** 64 (12): 1326-1332.

Benhamou, N., J. Genier, and M. J. Chrispeels. 1991. Accumulation of β-fructosidase in the cell walls of tomato roots following infection by a fungal wilt pathogen. **Plant Physiol**. 97: 739–750

Bhowmik, P. K., T. Matsui, K. Kawada and H. Suzuki. 2001. Seasonal changes of asparagus spears in relation to enzyme activities and carbohydrate content. **Scientia Hortic**. 88: 1-9.

Bieleski, R. L. 1993. Fructan hydrolysis drives petal expansion in the ephemeral daylily flower. **Plant Physiol.** 130: 213-219.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem**. 72: 248-254.

Burdett, A. N. 1970. The cause of the bent neck in cut roses. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 95: 427-431.

Dubey, V. S., R. Bhalla and R. Luthra. 2003. Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martini* Roxb. Wats. var. *motia*) inflorescence development. **J. Biosci.** 28 (4): 479-487.

Durkin, D. J. 1979. Some characteristics of water flow through isolated rose stem segments. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 104: 777-783.

Durkin, D. J. and R. H. Kuc. 1966. Vascular blockage and senescence of the cut rose flower. **Proc. Amer. Soc. Hort Sci.** 89: 683-689.

Eschrich, W. 1980. Free space invertase, its possible role in phloem unloading. **Ber. Dtsch. Bot. Ges.** 93: 363-378.

Fahn, A. 1982. **Plant Anatomy.** 3rd ed. Pergamon Press, New York.

Goh, C. J., A. H. Halevy, R. Engel and A. M. Kofranek. 1985. Ethylene evolution and sensitivity in cut orchid flowers. **Scientia Hortic.** 26: 57-67.

Goodwin, T. W. 1976. **Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments.** Vol. 1 and 2 Academic Press Inc., New York.

Hadley, G. 1982. Orchid mycorrhiza, pp. 83-118. *In* J. Arditti (ed.). **Orchid Biology Reviews and Perspectives,** Vol. II. Cornell Univ. Press, New York.

Halaba, J. and R. M. Rudnicki. 1989. Invertase inhibitor in wilting flower petals. **Scientia Hortic.** 40: 83-90.

Halevy, A. H. and S. Mayak. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers-Part 2. **Hort. Rev.** 3: 53-143.

Halevy, A. M., A. M. Kofranek and S. T. Besemer. 1978. Postharvest handling methods of bird-of-paradise flowers (*Strelitzia reginae* Ait.). **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 103: 165-169.

Harper, W. J. 1972. Orchid pigments: 1-Chemical nature of flower pigments. **Orchid Rev.** 80: 36-38.

Hawker, J. S., R. R. Walker and H. P. Ruffner. 2001. Invertase and sucrose synthase in flowers. **Phytochemistry** 15: 1411-1443.

Hew, C. S. 1980. Respiration of tropical orchid flower, pp. 191-195. *In* S. Kashhemsanta (ed.). Proc. 9th **World Orchid Conference.** Bangkok, Thailand.

Hodge, J. E. and B. T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates, pp. 380-394. *In* R. L. Whistter and M. L. Wolform (eds.) **Methods in Carbohydrate Chemistry.** Vol. 1 Academic Press, New York.

Hurst, P. L., Cheer, V., Sinclair, B. K., and D. E. Irving. 1997. Biochemical responses of asparagus to controlled atmosphere storage at 20°C. **J. Food Biochem.** 20: 463-472.

Kaltaler, R. E. L. and P. L. Steponkus. 1974. Uptake and metabolism of sucrose in cut rose. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 99 (6): 490-493.

Kalkman, E. Ch. S., L. La. Brijn-Jansen and N. Marissen. 1995. Carbohydrate status of freesia flowers. **Acta Hortic**. 405.

Kazunori, H., I. Ken-ichi, K. Hiroshi, M. Hiroyuki, M. Motoyuki, T. Shogo and T. Akiko. 2005. Effect of storage temperature on invertase, sucrose-6-phosphate synthase and UDP-glucose pyrophorylase activities of Japanese processing potatoes. **Food Preservation Science** 31: 2.

Ketsa, S. and A. Boonrote. 1990. Holding solution for maximizing bud opening and vase life of *Dendrobium* 'Youppadeewan' flowers. **J. Hort. Sci.** 65: 41-47.

Ketsa, S. and F. Thampitakorn. 1995. Characteristics of ethylene production of *Dendrobium* orchid flower. **Acta Hortic.** 405: 253-263.

Khalafalla, M. S. and D. A. Polzhill. 1990. Seasonal patterns of carbohydrates and proline in jojaba clones that differ in frost susceptibility. **HortSci**. 25 (1): 103-105.

Khayat, E. and N. Zieslin. 1987. Effect of night temperature on the activity of sucrose phosphate synthase, acid invertase, and sucrose synthase in source and sink tissues of *Rosa hybrida* cv Golden Times. **Plant Physiol.** 84: 447-449.

Khayat, E. and N. Zieslin. 1989. Translocation of ^{14}C, carbohydrate content and activity of the enzyme of sucrose metabolism in rose petals at different night temperatures. **Physiol. Plant.** 76: 581-585.

Kim J. Y., A. MaheÂ, J. Brangeon, and J. L. Prioul. 2000. A maize vacuolar invertase, IVR2, is induced by water stress. Organ/tissue specify and diurnal modulation of expression. **Plant Physiol.** 124: 71-84.

Klann, E. M., R. T. Chetelat, A. B. Bennett. 1993. Expression of acid invertase gene controls sugar composition in tomato *(Lycopersicon)* fruit. **Plant Physiol.** 103: 863-870

Koch, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. **Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 47: 509–540

Kofranek, A. M., A. H. Halevy, and J. Kubota. 1975. Bud opening of chrysanthemum after long term storage. **HortSci**. 10: 376-380.

Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants.** Academic Press, New York. 543 p.

Larsen, F. E. and M. Flolich. 1969. The influence of 8-hydroxyquinoline citrate, N-dimethylamino succinamic acid and sucrose on respiration and water flow in 'Red Sim' carnations in relation to flower senescence. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 94: 289-291.

Lay-Yee, M., A. D. Stead and M. S. Reid. 1992. Flower senescence in daylily (*Hemerocallis*). **Physiol. Plant.** 86: 308-314.

Lee, H. S. and A. Sturm. 1996. Purification and characterization of neutral and alkaline invertase from carrot. **Plant Physiol**. 112: 1513–1522

Liao, L. J., Y. H. Lin, K. L. Huang, W. S. Chen and Y. M. Cheng. 2000. Postharvest life of cut rose flowers as affected by silver thiosulfate and sucrose. **Bot. Bull. Acad. Sin.** 41: 299-303.

Lieberman, M. 1979. Biosynthesis and action of ethylene. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 30: 533-541.

Ma, H., H. H. Albert, R. Paull and P. H. Moore. 2000. Metabolic engineering of invertase activities in different subcellular compartments affects sucrose accumulation in sugarcane cells. **Aust. J. Plant Physiol.** 27: 1021–1030

Marissen, N. and L. L. Brijn. 1995. Source-sink relation in cut roses during vase life. **Acta Hortic**. 405: 81-88.

Marousky, F. J. 1972. Water relation, effects of floral preservatives on opening and keeping quality of cut flowers. **HortSci.** 7: 114-116.

Mastalerz, J. W. 1968. Long term cold storage of cut flower, pp. 58-66. *In* M. N. Rogers (ed.). **Living Flower That Last.** University of Missouri Press, Columbia.

Mayak, S., S. Meir and H. Ben-Sade 2001. The effect of transient water stress on sugar metabolism and development of cut flowers. **Acta Hortic**. 543: 191-197.

Mayak, S., Y. Vaadia and D. R. Dilley. 1977. Regulation of senescence in carnation (*Dianthus caryophyllus*) by ethylene: mode of action. **Plant Physiol.** 59: 591-593.

McKeon, T. A. and S. F. Yang. 1987. Biosynthesis and metabolism of ethylene, pp. 94-112. *In* P. J. Davies (ed.). **Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development.** Martinus Niihoff Publishers, Dordrecht.

Meyer, R. F. and J. S. Boyer. 1981. Osmoregulation, solute distribution and growth in soybean seedlings having low water potentials. **Planta** 151: 482-489.

Morris, D. A. and E. D. Arthur. 1984. Invertase activity in sinks undergoing cell expansion. **Plant Growth Regul.** 2: 327-337.

Nair, H. and T. H. Fong. 1987. Ethylene production and 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid level in detached orchid flowers and *Dendrobium* 'Pompadour'. **Scientia Hortic.** 32: 145-151.

Nowak, J. and R. M. Rudnicki. 1990. **Postharvest Handling and Storage of Cut Flower, Florist Greens and Potted Plant.** Chapman and Hall, London.

Pan, Q. H., K. Q. Zou, C. C. Peng, X. L. Wang and D. P. Zhang. 2005. Purification, Biochemical and immunological characterization of acid invertases from apple fruit. **Acta Botanica Sinica** 47: 50-59.

Perry, C. A., R. A. Leigh, A. D. Tomos, R. E. Wyse, J. L. Hall. 1987. The regulation of the turgor pressure during sucrose mobilization and salt accumulation by excised storage- root tissue of red beet. **Planta** 170: 353-361.

Pramanik, B. K., T. Matsui, H. Suzuki and Y. Kosugi. 2004. Changes in acid invertase activity and sugar distribution during postharvest senescence in broccoli. **J. Biol. Sci**. 7: 679-684.

Pritchard, H. W. 1984. Liquid nitrogen preservation of terrestial and epiphyte orchid seed. **Cryo-Letter** 5: 295-300.

Reid, M. S. 2005. Flower development: From bud to bloom. **Acta Hortic**. 669: 105-109.

Reid, M. S. and R. Y. Evans. 1986. Control of cut flower opening. **Acta Hortic.** 181:45-54.

Reid, M. S. and R. Y. Evans. 1988. Changes in carbohydrates and osmotic potential during rhythmic expansion of rose petals. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 113: 884-888.

Rogers, M. N. 1973. An historical and critical review of post-harvest physiological research on cut flower. **HortSci.** 8: 189-194.

Roitsch, T., R. Ehneb, M. Goetz, B. Hause, M. Hofmann and A. K. Sinha. 2000. Regulation and function of extracellular invertase from higher plants in relation to assimilate partitioning, stress responses and sugar signaling. **Aust. J. Plant Physiol.** 27: 815-825.

Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992. **Plant Physiology.** 4th ed., Wadsworth Pub. Co. Inc., Belmont, California.

Sherson, S. M., H. L. Alford, S. M. Forbes, G. Wallace and S. Smith. 2003. Role of cell all invertase and monosaccharide transporters in growth and development of *Arabidopsis*. **J. Exp. Bot.** 54: 525-531.

Staby, G. L. and T. D. Erwin. 1987. Water quality, preservative, grower source and chrysanthemum flower vase life. **HortSci.** 13: 155-157.

Sturm, A. 1999. Invertases. Primary structures, functions, and roles in plant development and sucrose partitioning. **Plant Physiol.** 121: 1-7.

Sturm, A. and M. J. Chrispeels. 1990. cDNA cloning of carrot extracellular □-fructosidase and its expression in response to wounding and bacterial infection. **Plant Cell** 2: 1107-1119.

Takvorian, N. H., Z. Tymowska-Lalanne, A. Takvorian, J. Tregear, B. Lejeune, A. Lecharny and M. Kreis. 1997. Characterization of two members of the *Arabidopsis thaliana* gene family, Atβfruct3 and Atβfruct4, coding for vacuolar invertase. **Gene** 197: 239-251.

van der Meulen-Muisers, J. J. M., J. C. van Oeveren, L. H. W. van der Plas and J. M. van Tuyl. 2001. Postharvest flower development in Asiatic hybrid lilies as related to tepal carbohydrate status. **Postharvest Biology and Technology.** 21: 201-211.

Veen, H. 1979. Effects of silver on ethylene synthesis and action in cut carnations. **Planta** 145: 467-470.

Veen, H. 1983. Silver thiosulphate: an experiment tool in plant science. **Scientia Hortic.** 20: 211-224

Venkatarayappa, T., M. J. Tsujita and D. P. Murr. 1980. Influence of cabaltous ion (Co^{2+}) on the postharvest behavior of 'Samantha' roses. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 105: 148-151.

Woodson, W. R. and H. Wang. 1987. Invertases of carnation petals: partial purification, characterization and changes in activity during petal growth. **Physiol. Plant.** 71: 224–228.

Waithaka, K., L. L. Dodge and M. S. Reid. 2001. Carbohydrate traffic during opening of gladiolus florets. **J. Hort. Sci. Biotech.** 76: 120-124.

Wyse, R. E., E. Zamski, and A. D. Tomos. 1986. Turgor regulation of sucrose transport in sugar beet taproot tissue. **Plant Physiol**. 81: 478-481.

Yamane, K., S. Abiru, N. Fujishige, R. Sakiyama and R. Ogata. 1993. Export of soluble sugars and increase in membrane permeability of gladiolus florets during senescence. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.** 62 (3): 575-580.

Yamane, K., S. Kawabata and R. Sakiyama. 1991. Changes in water relations, carbohydrate contents, and acid invertase activity associated with perianth elongation during anthesis of cut gladiolus flowers. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.** 60: 421-428.

Yang, S. F. and N. E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 35: 155-189.

Zhou, Y. 2000. **Development and assimilate partitioning in wildtype and miniature phenotype maize kernels.** Ph.D. thesis, The Pennsylvania State University. USA.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การเสื่อมสภาพของดอกบาน (%) ในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในสารละลายยืดอายุการปักแจกันชนิดต่างๆ

สารละลาย	การเสื่อมสภาพของดอกบาน (%)[1/]			
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
น้ำกลั่น	0	3.48	20.96 a	62.21 a
$AgNO_3$ + HQS	0	3.48	22.93 a	43.89 b
$AgNO_3$ + HQS + Glucose	0	1.34	5.82 b	20.51 c
$AgNO_3$ + HQS + Sucrose	0	0.00	7.32 b	19.56 c
F-test	ns	ns	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 การบานของดอกตูม (%) ในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในสารละลายยืดอายุการปักแจกันชนิดต่างๆ

สารละลาย	การบานของดอกตูม (%)[1/]			
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
น้ำกลั่น	0	29.3 c	36.6 d	43.2 c
$AgNO_3$ + HQS	0	33.65 bc	43.5 c	50.5 b
$AgNO_3$ + HQS + Glucose	0	37.9 ab	61.3 b	100.0 a
$AgNO_3$ + HQS + Sucrose	0	38.9 a	67.5 a	100.0 a
F-test	ns	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 การดูดน้ำ (มล./วัน) ของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในสารละลายยืดอายุการปักแจกันชนิดต่างๆ

สารละลาย	การดูดน้ำ (มล./วัน)[1/]			
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
น้ำกลั่น	0	1.03 c	0.70 a	0.38 c
$AgNO_3$ + HQS	0	1.33 b	1.09 b	0.76 b
$AgNO_3$ + HQS + Glucose	0	1.61 a	1.36 a	1.32 a
$AgNO_3$ + HQS + Sucrose	0	1.65 a	1.37 a	1.23 a
F-test	ns	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในสารละลายยืดอายุการปักแจกันชนิดต่างๆ

สารละลาย	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%)[1/]			
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
น้ำกลั่น	100	106.3 d	102.2 d	94.41 c
$AgNO_3$ + HQS	100	109.1 c	106.7 c	98.54 b
$AgNO_3$ + HQS + Glucose	100	112.6 b	117.4 b	119.0 a
$AgNO_3$ + HQS + Sucrose	100	114.5 a	120.0 a	121.7 a
F-test	ns	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ของดอกตูมและดอกบานกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุการปักแจกัน

วัยของดอก	สารละลาย	น้ำตาลกลูโคส[1/] (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)					
		วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
ดอกตูม	น้ำกลั่น	40.5 b	38.5 c	24.7 c	24.3 c	18.5 c	18.3 c
	$AgNO_3$ + HQS + Suc	40.5 b	38.8 c	62.5 b	42.1 b	44.7 b	33.7 b
ดอกบาน	น้ำกลั่น	80.9 a	81.4 a	59.7 b	53.0 a	42.4 b	36.2 b
	$AgNO_3$ + HQS + Suc	80.9 a	74.4 b	74.1 a	50.7 a	53.5 a	41.1 a
F-test		**	**	**	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 6 กิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase และ cell wall invertase (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน) ของดอกตูมและดอกบานกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุการปักแจกัน

วัยของดอก	สารละลาย	เอนไซม์	กิจกรรมของเอนไซม์[1/] (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน)					
			วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
ดอกตูม	น้ำกลั่น	vac inv	1.6	0.13 d	0.07 d	0.03 d	0.19 d	0.06 d
		CW inv	1.9	0.32 c	0.35 a	0.38 a	7.48 a	1.60 a
	$AgNO_3$+HQS+ sucrose	vac inv	1.6	0.10 d	0.05 de	0.02 d	0.09 d	0.05 d
		CW inv	1.9	0.61 b	0.17 c	0.23 b	1.94 b	0.34 b
ดอกบาน	น้ำกลั่น	vac inv	1.6	0.12 d	0.05 de	0.02 d	0.14 d	0.05 d
		CW inv	1.9	0.29 c	0.31 b	0.18 bc	1.77 b	0.43 b
	$AgNO_3$+HQS+ sucrose	vac inv	1.6	0.10 d	0.04 g	0.02 d	0.07 d	0.03 d
		CW inv	1.9	0.69 a	0.17 c	0.13 c	1.18 c	0.17 c
F-test			ns	**	**	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (กรัม) ในดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

ตำแหน่งของดอกกล้วยไม้	น้ำหนักของดอกกล้วยไม้ (กรัม)[1/]	
	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด
ดอกตูมขนาดเล็ก (ตำแหน่งที่ 2)	0.035 e	0.39 f
ดอกตูมขนาดกลาง (ตำแหน่งที่ 4)	0.063 d	0.63 e
ดอกตูมขนาดใหญ่ (ตำแหน่งที่ 6)	0.089 c	0.95 d
ดอกแย้ม (ตำแหน่งที่ 0)	0.151 b	1.46 c
ดอกบานขนาดเล็ก (ตำแหน่งที่ 2)	0.180 a	1.87 b
ดอกบานขนาดใหญ่ (ตำแหน่งที่ 4)	0.196 a	2.03 a
F-test	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 8 กิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase และ cell wall invertase (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน) ของดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

เอนไซม์	กิจกรรมของเอนไซม์[1/] (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน)					
	ดอกตูม (ขนาด)			ดอกแย้ม	ดอกบาน (ขนาด)	
	เล็ก	กลาง	ใหญ่		เล็ก	ใหญ่
vac inv	0.097	0.096	0.095	0.107	0.099	0.094
CW inv	0.549	0.550	0.548	0.735	0.657	0.621
t-test	**	**	**	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 9 กิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase และ cell wall invertase (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน) ในดอกย่อยตำแหน่งต่างๆ ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

ตำแหน่งของดอกกล้วยไม้	กิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทส[1/] (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน)	
	vacuolar invertase	cell wall invertase
ดอกตูมขนาดเล็ก (ตำแหน่งที่ 2)	0.097	0.549 c
ดอกตูมขนาดกลาง (ตำแหน่งที่ 4)	0.096	0.550 c
ดอกตูมขนาดใหญ่ (ตำแหน่งที่ 6)	0.095	0.548 c
ดอกแย้ม (ตำแหน่งที่ 0)	0.107	0.735 a
ดอกบานขนาดเล็ก (ตำแหน่งที่ 2)	0.099	0.657 b
ดอกบานขนาดใหญ่ (ตำแหน่งที่ 4)	0.094	0.621 b
F-test	ns	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ในส่วนกลีบดอก (petal+sepal+labellum) และเส้าเกสรของดอกแย้มและดอกบานกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุการปักแจกัน

วัยของดอก	สารละลาย	ส่วนของดอก	น้ำตาลกลูโคส[1/] (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)		
			วันที่ 0	วันที่ 4	วันที่ 8
ดอกแย้ม	น้ำกลั่น	กลีบดอก	6.9 b	5.1 c	5.6 c
		เส้าเกสร	5.5 c	4.8 c	2.3 f
	$AgNO_3$ + HQS + sucrose	กลีบดอก	9.6 a	6.0 b	7.1 b
		เส้าเกสร	5.1 c	3.6 e	4.8 d
ดอกบาน	น้ำกลั่น	กลีบดอก	9.6 a	8.3 a	8.0 a
		เส้าเกสร	5.1 c	3.3 e	2.4 f
	$AgNO_3$ + HQS + sucrose	กลีบดอก	9.6 a	8.5 a	8.3 a
		เส้าเกสร	5.1 c	4.0 d	4.0 e
F-test			**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 11 กิจกรรมของเอนไซม์ vacuolar invertase (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน) ในส่วนกลีบดอก (petal+sepal+labellum) และเส้าเกสรของดอกแย้มและดอกบานกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุการปักแจกัน

วัยของดอก	สารละลาย	ส่วนของดอก	กิจกรรมเอนไซม์ vacuolar invertase[1/] (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน)		
			วันที่ 0	วันที่ 4	วันที่ 8
ดอกแย้ม	น้ำกลั่น	กลีบดอก	0.138 a	0.058 a	0.031
		เส้าเกสร	0.147 a	0.043 bc	0.052
	$AgNO_3$ + HQS + sucrose	กลีบดอก	0.138 a	0.061 a	0.043
		เส้าเกสร	0.147 a	0.051 ab	0.050
ดอกบาน	น้ำกลั่น	กลีบดอก	0.077 b	0.033 c	0.055
		เส้าเกสร	0.085 b	0.040 c	0.045
	$AgNO_3$ + HQS + sucrose	กลีบดอก	0.077 b	0.035 c	0.026
		เส้าเกสร	0.085 b	0.038 c	0.026
F-test			**	**	ns

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

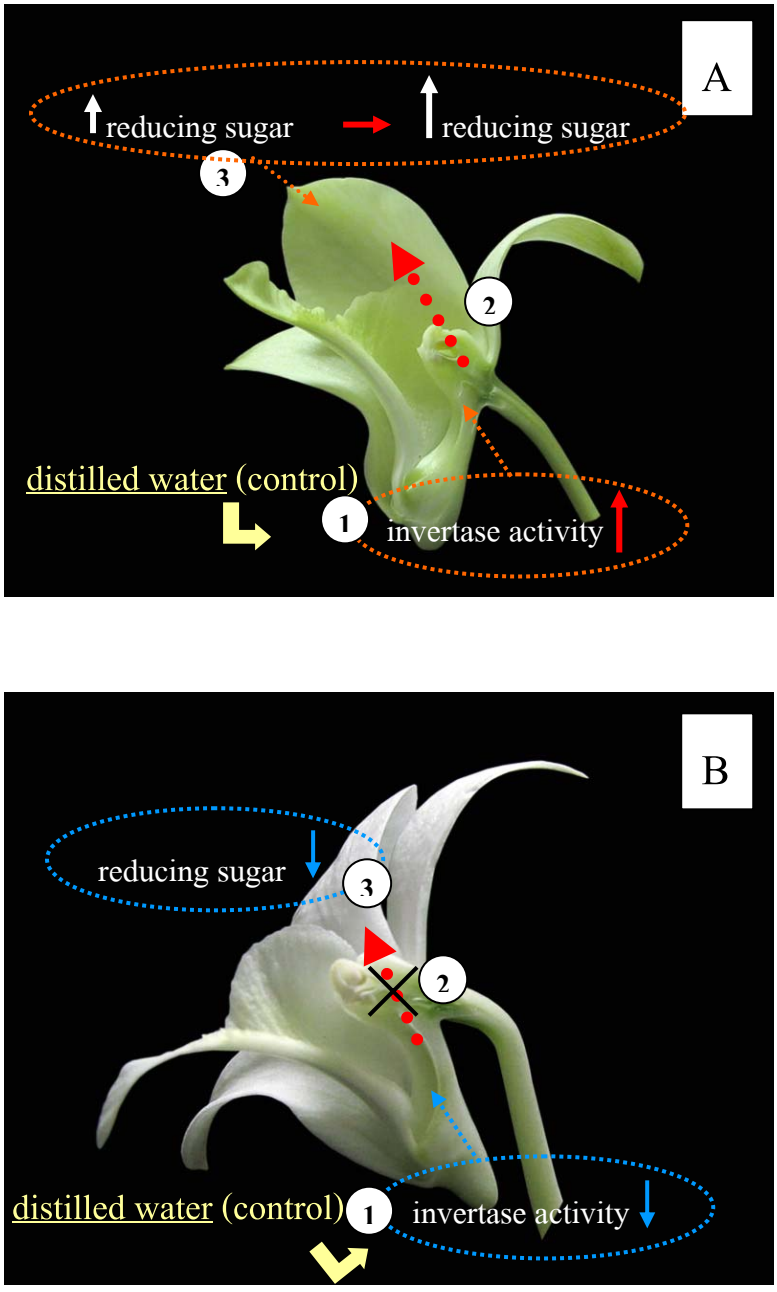
ตารางผนวกที่ 12 กิจกรรมของเอนไซม์ cell wall invertase (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน) ในส่วนกลีบดอก (petal+sepal+labellum) และเส้าเกสรของดอกแย้มและดอกบานกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่แช่โคนก้านช่อดอกไม้ในน้ำกลั่นและในสารละลายยืดอายุการปักแจกัน

วัยของดอก	สารละลาย	ส่วนของดอก	กิจกรรมเอนไซม์ cell wall invertase[1/] (ไมโครโมล/นาที/มก.โปรตีน)		
			วันที่ 0	วันที่ 4	วันที่ 8
ดอกแย้ม	น้ำกลั่น	กลีบดอก	0.096 c	0.128 b	0.043 f
		เส้าเกสร	0.361 a	0.291 a	0.412 a
	$AgNO_3$ + HQS + sucrose	กลีบดอก	0.096 c	0.110 b	0.059 ef
		เส้าเกสร	0.361 a	0.273 a	0.108 b
ดอกบาน	น้ำกลั่น	กลีบดอก	0.150 bc	0.175 b	0.082 cd
		เส้าเกสร	0.226 b	0.179 b	0.064 ed
	$AgNO_3$ + HQS + sucrose	กลีบดอก	0.150 bc	0.190 b	0.086 c
		เส้าเกสร	0.226 b	0.184 b	0.079 cde
F-test			**	*	**

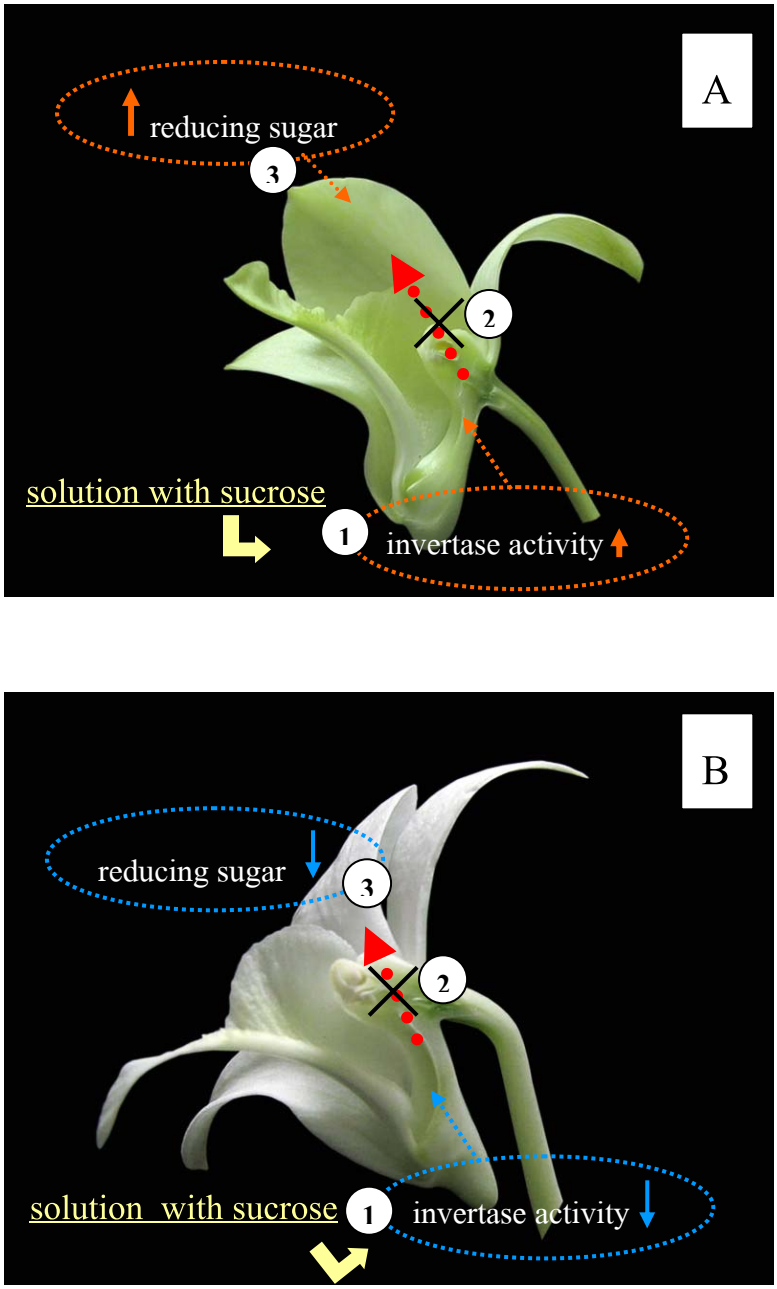
[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

* = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพผนวกที่ 1 แบบจำลองการทำงานของกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสในเส้าเกสร และน้ำตาลรีดิวซ์ในกลีบดอกของดอกแย้ม (A) และดอกบาน (B) ในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น



ภาพผนวกที่ 2 แบบจำลองการทำงานของกิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทสในเส้าเกสร และน้ำตาลรีดิวซ์ในกลีบดอกของดอกแย้ม (A) และดอกบาน (B) ในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่ปักแจกันในสารละลาย $AgNO_3$ 30 มก./ลิตร + HQS 225 มก./ลิตร + ซูโครส 4%