บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

เยอบีรา (*Gerbera jamesonii*) เป็นไม้พื้นเมืองของเอเชียและแอฟริกาใต้ จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae หรือ Compositae ซึ่งมีอยู่ด้วยกันประมาณ 40 ชนิด (species) แต่ที่นิยมปลูกกันมีเพียง 2 ชนิดคือ *G. jamesonii* และ *G. viridifolia* ซึ่งปัจจุบันพันธุ์ที่ยุโรปปลูกเป็นการค้านั้นเป็นลูกผสมของ 2 ชนิดนี้ เยอบีราที่เรียกกันโดยทั่วไปคือ "gerbera" เป็นชื่อที่ตั้งมาเพื่อเป็นเกียรติแก่นาย Traugott Gerber นักธรรมชาติวิทยาชาวเยอรมัน ซึ่งถึงแก่กรรมในปี ค.ศ. 1743 สำหรับในอเมริกาจะเรียกชื่อตามแหล่งกำเนิดและลักษณะดอกที่คล้ายกับดอกเดซี่ (daisy) ว่า "Transvaal Daisy" หรือ "Barberton Daisy" (Bailey, 1942; Chittenden, 1956; Taylor, 1948)

2.1 ความสำคัญและแหล่งผลิตในประเทศไทย

เยอบีรา เป็นไม้ดอกที่มีความหลากหลายสีสันสะดุดตา นิยมปลูกและนำมาใช้ประโยชน์กันมาก เพราะว่าดอกมีหลาก ก้านดอกยาว ตลอดจนปลูกได้ง่ายกว่าไม้ดอกอีกหลายชนิด สามารถปักแจกันร่วมกับดอกไม้หรือไม้ประดับบางชนิดได้สวยงาม สำหรับประเทศไทยได้มีการส่งออกดอกไม้ชนิดนี้มาเป็นระยะเวลากว่าหลายสิบปี ในปี 2530 มีมูลค่าการซื้อขายอยู่ที่ 1,729 ล้านบาท แต่ส่วนใหญ่เป็นเยอบีราสายพันธุ์ยุโรป เนื่องจากมีกลีบดอกหนา ก้านดอกแข็งแรง กลีบดอกสีสันสดใสกว่าดอกเยอบีราสายพันธุ์ไทย ด้วยเหตุนี้จึงได้มีบริษัทเอกชนและหน่วยงานบางหน่วยเช่น มูลนิธิโครงการหลวง ได้นำเอาสายพันธุ์ยุโรปเข้ามาปลูก คัดสายพันธุ์และนำมาผสมกับสายพันธุ์ไทย จนได้ลูกผสมที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย จนสามารถปลูกได้ทุกภาคและฤดูกาล (ยงยุทธ, 2545; วันดี, 2537)

ประเทศไทยมีการผลิตเยอบีรามาช้านาน ส่วนใหญ่เป็นเยอบีราสายพันธุ์ไทย ซึ่งผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น แต่ภายหลังได้เริ่มมีการนำเยอบีราสายพันธุ์ยุโรปเข้ามาปลูกแทนสายพันธุ์ไทยเพื่อทดแทนการนำเข้าเมื่อปี พ.ศ. 2525 แต่ก็ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศประมาณปีละ 25 ล้านบาท ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2532 มีการนำเข้าจากประเทศเนเธอร์แลนด์และนิวซีแลนด์มูลค่า 2,674,482 บาท ในปี 2533 นำเข้าจากเนเธอร์แลนด์มีมูลค่า 175,074 บาท ในยุคแรกเยอบีราสายพันธุ์ยุโรปถูกนำเข้ามาปลูกในรูปเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ แต่การปลูกนั้นเกิดความแปรปรวนค่อนข้างมาก ต่อมาได้มีการนำต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ต่างประเทศใช้ปลูกเป็นการค้าเพื่อการตัดดอก จากประเทศเนเธอร์แลนด์ และจากประเทศอื่น ๆ เช่น ญี่ปุ่น สิงคโปร์ มาปลูก ทำให้การปลูกเยอบีราพันธุ์ยุโรปเพื่อการตัดดอกเจริญขึ้น โดยเฉพาะทางแถบภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย สามารถผลิตเยอบีราสายพันธุ์ยุโรปให้มีคุณภาพดี (วันดี, 2537)

แหล่งผลิตเยอบีราที่สำคัญของประเทศไทย (กลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ, 2537; วันดี, 2537)

ภาคเหนือ : เชียงใหม่ เชียงราย พิจิตร พิษณุโลก

ภาคกลาง : นนทบุรี สมุทรสาคร

ภาคใต้ : นครศรีธรรมราช ภูเก็ต

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : ขอนแก่น อุบลราชธานี

สำหรับเยอบีราสายพันธุ์ไทยซึ่งมีลักษณะคล้าย *G. jamesonii plena* คือมีดอกย่อยเรียงซ้อนกันหลายชั้น โดยส่วนใหญ่ที่ปลูกกันอยู่ทั่วไปได้แก่

กลุ่มดอกสีขาว : พันธุ์ขาวครีม ขาวจักรยาว และขาวจักรสั้น

กลุ่มดอกสีแดง : พันธุ์แดงลักแทง แดงตาเปิ่น แดงใหญ่ และหมื่นหาญ

กลุ่มดอกสีเหลือง : พันธุ์เหลืองถ่อ เหลืองพังสี สีดา และนวลลออ

กลุ่มดอกสีส้ม : พันธุ์สุรเสน สีอิฐ จำปา กุมารทอง และสร้อยฟ้า

กลุ่มดอกสีชมพู : พันธุ์ลูกรัก บัวหลวง กระดาษ ชมพูพาน และมณฑา

นอกจากนี้ได้มีการนำสายพันธุ์ยุโรปเข้ามาปลูกกันมากขึ้น โดยทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งสามารถรวบรวมชื่อพันธุ์ตามลักษณะสีดอก ได้ดังนี้

กลุ่มสีแดงและแดงอมส้ม: Lea, Veronia, Joyce, Terra Visa, Tennessee, Terra monsa, Terracerise, Terratuba, Beauty, Florijn, Paseal Sue Ellen, Terra Mexico, Ximena และ Cleopatra

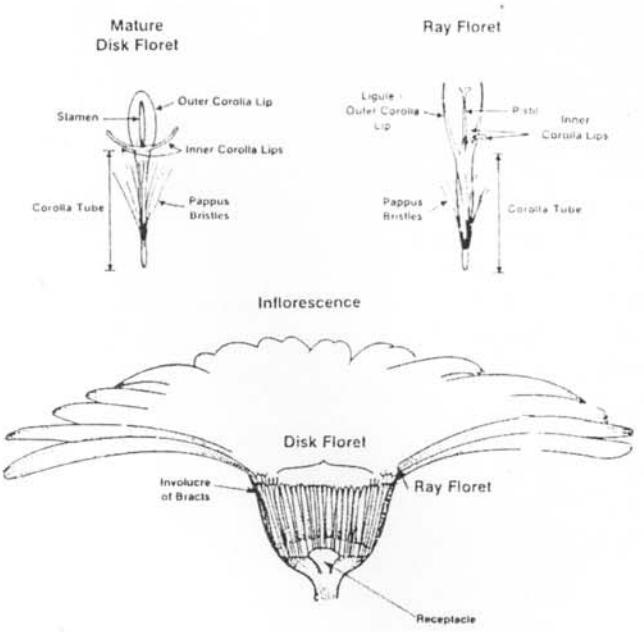
กลุ่มสีชมพูและชมพูอมม่วง : สีชมพู ได้แก่ Beatrix, Fluer, Terra Queen Rebecca, Apple-Blossom, Terra Merci, Nena, Estelle และ Claudia สีชมพูอมม่วง ได้แก่ Terra Parado, Terra Motro, Terra Royal, Nova และ Pamela

กลุ่มสีเหลือง : Teroformosa, Terrafame, Horizon, Maleen, Nadya, Easter Star, Amita, Terra Prava และ Terra Sun

กลุ่มสีขาว – ครีม : Celphi, Razawhite, Terra Mint, Terra Nevalis, Bahama, Donna Tella, Sanger

กลุ่มสีส้ม – เหลือง : Clementine, Terra Mexico

กลุ่มสองสี (bicolor) : Starlight, Terra Mix



ภาพที่ 2.1 ลักษณะและตำแหน่งของดอกย่อยกลาง และดอกย่อยวงนอก
ที่มา: ธัญญะ (2531)

2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บเกี่ยว

ควรเก็บเกี่ยวเยอบีราที่มีระยะการเจริญที่เหมาะสม เพราะถ้าเก็บเกี่ยวดอกอ่อนเกินไป ก้านดอกจะอ่อนหักพับและเหี่ยวได้ง่ายทำให้อายุการปักแจกันไม่ยาวนาน แต่ถ้าเก็บเกี่ยวดอกแก่เกินไป สีดอกจะซีด ละอองเรณูจะเปื้อนหน้าดอก ส่วนที่เป็นกลีบดอกชั้นในจะฟูไม่สวยงาม (กลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ, 2537) ดังนั้นระยะการเจริญที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวดอกเยอบีราสายพันธุ์ยุโรป ที่มีกลีบดอกชั้นเดียว (single - flowered) คือ เมื่อกลีบดอกย่อยกลางบาน 2-3 วง โดยสังเกตเห็นเกสรตัวผู้มีละอองเรณูเกิดขึ้นที่ดอกย่อยกลางวงนอกสุด (ดนัย, ม.ป.ป.; ยงยุทธ, 2545) แต่ถ้าเป็นประเภทดอกซ้อน (double - flowered) ที่เป็นเยอบีราพันธุ์ไทยและลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ไทยกับสายพันธุ์ยุโรปนั้น นิยมเก็บเกี่ยวเมื่อกลีบดอกบาน 70-80 เปอร์เซ็นต์ เพราะว่าไม่สามารถที่จะมองเห็นละอองเรณูตัวผู้ได้ชัดเจน

สำหรับวิธีการเก็บเกี่ยวหรือการตัดจากต้นแม่นั้นค่อนข้างแตกต่างจากดอกไม้อีกหลายชนิดที่ใช้มีดหรือกรรไกรตัด แต่ดอกเยอบีราซึ่งก้านดอกมีลักษณะกลวงนั้น นิยมเก็บเกี่ยวโดยการใช้มือบิดหรือโน้มก้านให้โยกลงมาด้านข้าง แล้วดึงออก ก้านดอกจะหลุดออกมาจากต้นหรือกอพร้อมกับโคนก้านดอก (heel) ไม่ควรตัดเพราะว่าก้านดอกที่ค้างอยู่กับต้นแม่จะมีน้ำขังและเน่าตายทั้งต้น (วันดี, 2537) การตัดหรือถอนให้ติดโคนนั้น เป็นเพราะว่าเนื้อเยื่อบริเวณดังกล่าวจะมีเส้นใยอยู่มาก ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาการสูญเสียน้ำในระหว่างการขนส่งได้ (ยงยุทธ, 2545) เมื่อทำการดึงดอกออกมาแล้วให้แช่ในน้ำทันที อย่างน้อย 4 ชั่วโมง แล้วนำเข้าไปเก็บในที่ร่ม

(ธัญญะ, 2531; วันดี, 2537) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาดอกเยอบีราคือ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเก็บได้นานประมาณ 3-4 สัปดาห์ การเก็บแบบเปียก สามารถเก็บได้นานกว่าแบบแห้ง (ดนัย, 2545; ยงยุทธ 2545)

ปกติเยอบีราที่ปลูกกันในภาคกลาง ซึ่งเป็นเยอบีราพันธุ์ไทย การบรรจุและการขนส่งจะทำกันแบบง่าย ๆ นำดอกมามัดรวมกันแล้วบรรจุเข่ง โดยให้ดอกอยู่รอบปากเข่งและไม่แช่ก้านดอกในน้ำ เนื่องจากพันธุ์ไทยนั้นมีราคาถูก แต่ถ้าหากเป็นสายพันธุ์ยุโรปและมีระยะทางการขนส่งที่ค่อนข้างไกล ก็อาจใช้กรวยพลาสติกหรือกระดาษไขห่อดอกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันความเสียหายระหว่างการขนส่ง และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการบรรจุหีบห่อ โดยการบรรจุลงกล่องที่ออกแบบสำหรับดอกเยอบีราโดยเฉพาะ คือด้านล่างกล่องมีรูเพื่อสอดใส่ก้านดอกลงไป จะวางเรียงสลับข้างกัน ตรงกลางยึดด้วยโฟม เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของดอกในระหว่างการขนส่ง ทำให้ดอกอยู่ในสภาพสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อถึงปลายทาง แต่ก็ทำให้ค่าขนส่งของดอกเยอบีราค่อนข้างสูงกว่าดอกไม้ชนิดอื่น ๆ เพราะกินเนื้อที่มาก และแต่ละกล่องสามารถบรรจุได้เพียง 40 ดอกเท่านั้น (ธัญญะ, 2531; วันดี, 2537)

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของดอกไม้

การเสื่อมสภาพเป็นระยะสุดท้ายของการเจริญของพืช ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปนั้นการเสื่อมสภาพจะถูกควบคุมโดยยีนจำเพาะ ยีนเหล่านี้จะทำงานได้นั้นต้องได้รับปัจจัยสภาพแวดล้อม หรือฮอร์โมน (Wilhelmova et al., 2004) การเสื่อมสภาพของดอกไม้เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นจากการสลายของอาร์เอ็นเอ, โปรตีน และฟอสโฟลิพิด ซึ่งมาจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรม hydrolytic enzyme โดยเฉพาะอย่างยิ่ง lipases, proteases, DNAases, RNAases และ chlorophyllases (Pruitt, 1984) ทำให้ดอกไม้ผลิตเอทิลีน เป็นผลทำให้สูญเสียน้ำ กระบวนการเสื่อมสภาพเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนพืช แต่ก็สามารถจะเร่งให้เกิดขึ้นได้จากสภาวะความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ หรือสภาวะเครียดเนื่องจากเอทิลีน (Nickell, 1983) เมื่ออยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงหรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ การเหี่ยวของดอกไม้จะเกิดขึ้นเร็วและมีความรุนแรงมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับการดูดน้ำ การสูญเสียน้ำ ถ้าดอกไม้สูญเสียน้ำมากกว่าการดูดน้ำ จะเกิดความไม่สมดุลของน้ำภายในดอกไม้ ทำให้ดอกไม้แสดงอาการเหี่ยว คุณภาพของดอกไม้ลดลงและมีอายุการใช้งานที่สั้นลง

ลักษณะที่ปรากฏ คุณภาพ และอายุการใช้งานของดอกไม้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ พันธุ์ การเขตกรรม ความเข้มแสง อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งหากสามารถจัดการปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้เหมาะสมกับชนิดของพืช ก็จะทำให้ดอกไม้มีคุณภาพสูงสุด แต่เนื่องจากดอกไม้นั้น ภายหลังจากการตัดออกมาจากต้นแล้วจะเกิดปัญหาด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากดอกไม้นั้นมีชีวิต ดังนั้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ดอกไม้เสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว (สายชล, 2530) ซึ่งสาเหตุสำคัญที่ส่งผลกระทบดังกล่าว ได้แก่

2.3.1 ภาวะสมดุลของน้ำ

ภาวะสมดุลของน้ำเกี่ยวข้องกับอัตราการดูดน้ำ การลำเลียง อัตราการระเหยของน้ำ และความสามารถของเนื้อเยื่อดอกไม้ที่จะอุ้มน้ำไว้ได้ กระบวนการทางสรีรวิทยาเหล่านี้มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกัน ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในก้านดอกภายหลังจากการตัดออกจากต้นจะถูกใช้ไปเพื่อให้เซลล์มีชีวิตอยู่ได้ และบางส่วนของน้ำจะระเหยออกทางปากใบ ทำให้ปริมาณน้ำลดน้อยลง ดอกไม้ที่ไม่ได้รับน้ำทดแทนจากภายนอก จะแสดงอาการเหี่ยว และมีอายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมอัตราการคายน้ำให้เกิดการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด และต้องมีการให้น้ำแก่ดอกไม้ โดยการนำโคนก้านดอกไม้ไปแช่น้ำเพื่อจะได้ดูดน้ำเข้าไปทดแทนน้ำที่สูญเสียไป เนื่องจากการคายน้ำ ทำให้เกิดภาวะสมดุลของน้ำภายในก้านดอก ในขณะที่พืชคายน้ำหรือมีการสูญเสียน้ำมาก จะก่อให้เกิดความไม่สมดุลของน้ำภายในดอกขึ้น ทำให้ดอกไม้เกิดการเหี่ยว และเกิดการเสื่อมตามอายุเร็วขึ้น นอกจากนี้ภาวะสมดุลของน้ำยังมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักดอก ดอกไม้หลังจากการตัดจะมีน้ำหนักดอกเปลี่ยนแปลงไป ในช่วงแรกจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากมีการปิดปากใบอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงหลังน้ำหนักดอกจะค่อย ๆ ลดลง (นิธิยา และดนัย, 2537) ถ้าก้านดอกไม่มีการดูดน้ำ หรือมีการดูดน้ำลดลง จะส่งผลต่อน้ำหนักของดอกไม้ การดูดน้ำที่ลดลงเนื่องจากเกิดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำ มีหลายสาเหตุ เช่น

- มีฟองอากาศอยู่ที่โคนก้านดอก หรือภายในท่อลำเลียงน้ำ โดยอากาศเข้าไปตรงรอยตัดโคนก้านขณะตัดดอก ทำให้โมเลกุลของน้ำเกาะกันไม่ต่อเนื่อง ประสิทธิภาพในการดูดน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำจึงลดลง (สายชล, 2531)

- เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์และรา ซึ่งปนเปื้อนอยู่ในน้ำ หรือเกิดจากการที่เชื้อจุลินทรีย์ปล่อยสารเมแทบอไลต์บางชนิดออกมา ซึ่งสารประกอบดังกล่าวจะไปรวมตัวกับน้ำ ทำให้เกิดการอุดตันได้

- เกิดจากสรีรวิทยาของก้านดอกไม้ ซึ่งตอบสนองต่อบาดแผลใกล้บริเวณรอยตัด ทำให้เซลล์บริเวณนั้นผลิตเอนไซม์และสารบางชนิดออกมา เช่น ยางไม้ เพกทิน แทนนิน เกลือแมกนีเซียม และเกลือแคลเซียมของแทนนิน ที่ถูกออกซิไดซ์ และคาร์โบไฮเดรต โดยสารพวกนี้เกิดจากการสลายตัวของผนังเซลล์ ออกมาอุดตันบริเวณท่อลำเลียง

2.3.2 การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการของปฏิกิริยาทางเคมีที่อาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และใช้ออกซิเจนเผาผลาญอาหารแล้วให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานจำนวนหนึ่งออกมาเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต ดอกไม้จึงมีการใช้อาหารในกระบวนการหายใจอยู่ตลอดเวลาที่เซลล์ยังมีชีวิต ขณะที่ดอกไม้อยู่บนต้นจะได้รับธาตุอาหารและน้ำซึ่งส่งมาจากราก ใบที่ติดอยู่บนกิ่งจะทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อเลี้ยงกิ่งนั้น แต่เมื่อตัดดอกไม้ออกจากต้น จะทำให้ดอกไม้ขาดแหล่งสร้างอาหาร คงมีแต่อาหารสะสมเหลืออยู่ที่ใบและกลีบดอกเท่านั้น และทำให้ดอกไม้เข้า

สู่ระยะการเสื่อมตามอายุอย่างรวดเร็วและเหี่ยวแห้งไป แต่ถ้าหากมีการเพิ่มซูโครสหรือกลูโคส หรือ ฟรักโทสลงในน้ำที่แช่ดอกไม้จะช่วยส่งเสริมการหายใจและยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ให้ยาวนานขึ้น (Rogers, 1973) การหายใจของดอกไม้เริ่มต้นหลังจากตัดออกจากต้น จะมีอัตราการหายใจสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับชนิดและระยะเวลาการบานของดอกไม้ โดยดอกไม้จะมีอัตราการหายใจสูงสุดเมื่อดอกเริ่มบาน และค่อย ๆ ลดลงเมื่อดอกแก่และเหี่ยว และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง (second peak) เมื่อเข้าสู่ระยะสุดท้าย คล้ายกับการหายใจของผลไม้พวก climacteric ซึ่งอัตรากรหายใจของดอกไม้จะเป็นตัวแสดงอายุการใช้งาน ดอกไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่าดอกไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ เช่น ดอกคาร์เนชันจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่าดอกเบญจมาศ (ธวัชชัย, 2541; สายชล, 2531; Salisbury and Ross, 1991) การที่ดอกไม้หายใจลดลงขณะที่ดอกไม้กำลังจะหมดอายุการใช้งาน อาจจะมีสาเหตุจากการที่ดอกไม้ขาดอาหารหรือน้ำตาลเพื่อใช้ในการหายใจ (ธวัชชัย, 2541) ซึ่ง Kaltaler and Steponkus (1976) ได้รายงานว่า การหายใจและประสิทธิภาพของกระบวนการหายใจของดอกไม้ลดลง เพราะไมโทคอนเดรียมีความสามารถในการสะสมอาหารสำรองลดลงเมื่อดอกไม่เริ่มเสื่อมสภาพ ซึ่งจากการทดลองเพิ่มซูโครสให้กับไมโทคอนเดรียที่แยกออกมาศึกษา พบว่า ยืดอายุการควบคุมการทำงานและโครงสร้างของไมโทคอนเดรียได้

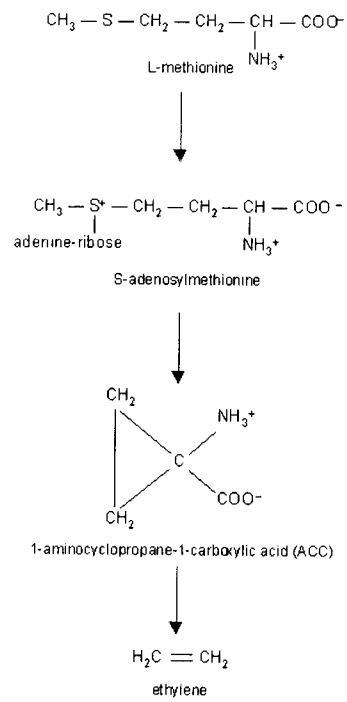
2.3.3 การผลิตเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่มีสถานะเป็นก๊าซ มีสูตรโมเลกูลเป็น C_2H_4 มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพและอายุการใช้งานของดอกไม้ทุกชนิด เอทิลีนเร่งให้ดอกไม้เสื่อมสภาพและเหี่ยวอย่างรวดเร็ว เช่นในดอกคาร์เนชัน (Eisinger, 1977) เอทิลีนอาจเกิดจากการสร้างของดอกไม้เองหรือจากแหล่งอื่น ๆ เอทิลีนในบรรยากาศเพียง 0.002-0.5 ppm ก็สามารถสร้างความเสียหายให้กับดอกไม้ได้ (สายชล, 2531) เอทิลีนทำให้อายุการใช้งานของดอกไม้สั้นลง เพราะว่าเอทิลีนมีผลต่อกระบวนการหายใจ การคายน้ำ การสังเคราะห์เอนไซม์ การสลายไขมัน การสลายโปรตีน การย่อยสลายสารอื่น ๆ และความสมดุลของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืช (Mattoo and Suttle, 1991) เมื่อมีการสะสมของเอทิลีนอยู่มากจะทำให้ดอกไม้เข้าสู่การเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ทำให้เยื่อหุ้มแวคิวโอลยอมให้สารผ่านได้มากขึ้น จึงมีสารผ่านไปยังไซโตพลาสซึม เกิดการสะสมของสารประกอบต่าง ๆ จนทำให้เซลล์เสื่อมสภาพ การดูดน้ำของเซลล์ลดลง ทำให้ดอกขาดน้ำและเหี่ยวในที่สุด และยังทำให้กลีบดอกซีดลง กลีบเลี้ยงเหี่ยว นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้มีการลำเลียงอาหารจากกลีบดอกไปใช้ในการเจริญของรังไข่ ทำให้กลีบดอกสูญเสียน้ำและอาหาร เป็นผลทำให้ดอกเหี่ยวเร็วขึ้น (Mayak, Vaadia and Dilley, 1977)

การสังเคราะห์เอทิลีนในดอกไม้ เป็นผลจากการที่เยื่อหุ้มแวคิวโอลยอมสารต่าง ๆ ผ่านไปได้มากขึ้น สารเริ่มต้นในการสังเคราะห์เอทิลีนเคลื่อนที่จากแวคิวโอลไปยังส่วนที่มีเอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอทิลีนอยู่ ได้แก่ บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์หรือไซโตพลาสซึม

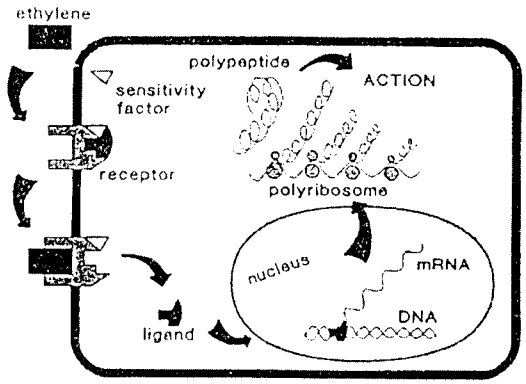
กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนของดอกไม้จะเพิ่มขึ้นเมื่อดอกไม้อายุมากขึ้น (Reid and Wu, 1989)

กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนในพืชชั้นสูง เริ่มต้นจากกรดอะมิโนเมไทโอนีน (methionine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ และมีขั้นตอนการสังเคราะห์คือ เมไทโอนีนจะถูกเปลี่ยนเป็น เอส-อะดีโนซิลเมไทโอนีน (SAM) และถูกเอนไซม์เร่งการเปลี่ยนต่อไปเป็น 1-อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิลิกแอซิด (ACC) และเอนไซม์ ethylene-forming-enzyme (EFE) หรือในปัจจุบันรู้จักกันดีในชื่อของ ACC oxidase เปลี่ยน ACC ให้เป็นเอทิลีน และพบว่าเอนไซม์ ACC synthase และเอนไซม์ EFE ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการควบคุมการผลิตเอทิลีน ดังปฏิกิริยาในภาพที่ 2.2 (Mattoo and Suttle, 1991)



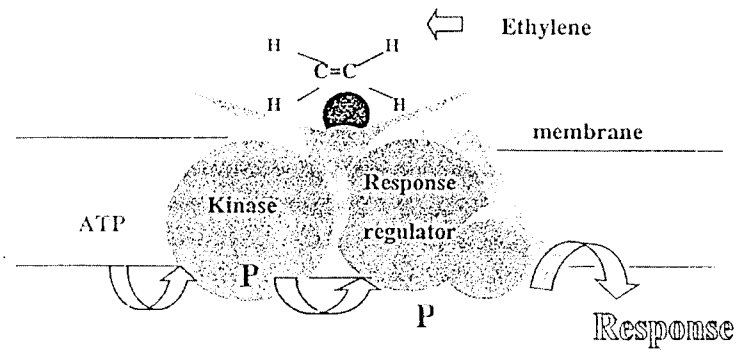
ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการสังเคราะห์เอทิลีน
ที่มา : Mattoo and Suttle (1991)

เอทิลีนทั้งที่พืชผลิตขึ้นเองหรือได้รับจากภายนอก มีผลต่อการแสดงออกของพืช โดยมีกลไกการทำงานดังนี้ เอทิลีนไปจับกับตัวรับ (receptor) ที่เมมเบรน แล้วเกิดการตอบสนองขึ้น โดยเอนไซม์ kinase ไปเร่งให้เกิดการเคลื่อนย้ายหมู่ฟอสเฟตซึ่งมาจับกับโปรตีนที่เป็นตัวควบคุมการตอบสนอง แล้วมีการปลดปล่อยลิแกนด์ (ligand) การตอบสนองจึงเกิดขึ้น (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 สมมุติฐานของกลไกการควบคุมการทำงานของเอทิลีน
ที่มา : McKeon et al. (1995)

ลิแกนด์ทำหน้าที่เป็น second messenger ส่งไปยังนิวเคลียส เพื่อกระตุ้น RNA polymerase ให้ทำงาน และผลิตอาร์เอ็นเอนำรหัส (mRNA) สายใหม่ แล้วส่งไปยังไรโบโซมทำให้เกิดการสังเคราะห์ขึ้นดังภาพที่ 2.4 โดยโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ เป็นเอนไซม์ที่สามารถเร่งหรือยับยั้งปฏิกิริยาต่าง ๆ ในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช



ภาพที่ 2.4 สมมุติฐานกลไกการทำงานของเอทิลีน
ที่มา : Reid and Wu (1989)

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงสีของดอกไม้

การเปลี่ยนสีของกลีบเกิดขึ้นเมื่อดอกไม้มีอายุมากขึ้น มีสารสี (pigment) 2 ชนิดที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนสีของกลีบดอก คือ แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และ แอนโทไซยานิน (anthocyanins) สารประกอบแอนโทไซยานินละลายได้ในน้ำมีสีแดง น้ำเงินหรือสีม่วง ดอกไม้สีแดง ม่วงและน้ำเงินมีปัญหามากที่สุด เพราะว่าสีเหล่านี้เกิดจากแอนโทไซยานิน ซึ่งเปลี่ยนแปลงสีได้ตามพี่เอช ภายในเซลล์ของกลีบดอก ถ้าพีเอชน้อยกว่า 3 แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีแดง แต่ถ้ามากกว่า 7 แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน การที่

พี่เอชของเซลล์ในกลีบดอกเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการสลายตัวของโปรตีน (proteolysis) ระหว่างการเสื่อมตามอายุโดยแอมโมเนีย ไปเพิ่มพีเอชในแวคิวโอล เมื่อคาร์โบไฮเดรตเช่นกูลโคส ฟรุคโตส ซูโครส และแป้ง ในกลีบดอกหมดไป เซลล์จำเป็นต้องใช้โปรตีนเป็นซับสเตรตสำหรับการหายใจจึงทำให้เกิดการสะสมแอมโมเนีย (สายชล, 2531) ในดอกไม้บางชนิดกลีบดอกมีสีน้ำเงินหรือม่วง เช่นดอก fuchsia กลีบดอกจะมีสีแดงเมื่ออายุของดอกมากขึ้น เนื่องจากมีการสะสมกรดอินทรีย์มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้สภาพภายในเซลล์เป็นกรดสูงขึ้น สารสีพวกแอนโทไซยานินจึงเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง นอกจากนี้การเปลี่ยนสีของกลีบดอกอาจเกิดจากการขาดน้ำ ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนผิดปกติ เกิดการสะสมแอมโมเนีย เซลล์มีสภาพเป็นด่าง มีผลทำให้กลีบดอกเปลี่ยนสี (Halevy and Mayak, 1979)

2.4 แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของดอกไม้

โดยทั่วไปนิยมแช่ดอกไม้ในสารละลายเคมีซึ่งอาจประกอบด้วยสารเคมีเพียงกลุ่มเดียวหรือหลายกลุ่มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ สารละลายเคมีทำหน้าที่หลัก 2 ประการคือ ทำให้ดอกไม้ดูดน้ำได้มากขึ้น และเพิ่มซับสเตรตให้กับดอกไม้สำหรับใช้ในการหายใจ สารเคมีที่ใช้สำหรับแช่ดอกไม้อาจมีความแตกต่างกันตามชนิดของดอกไม้และขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

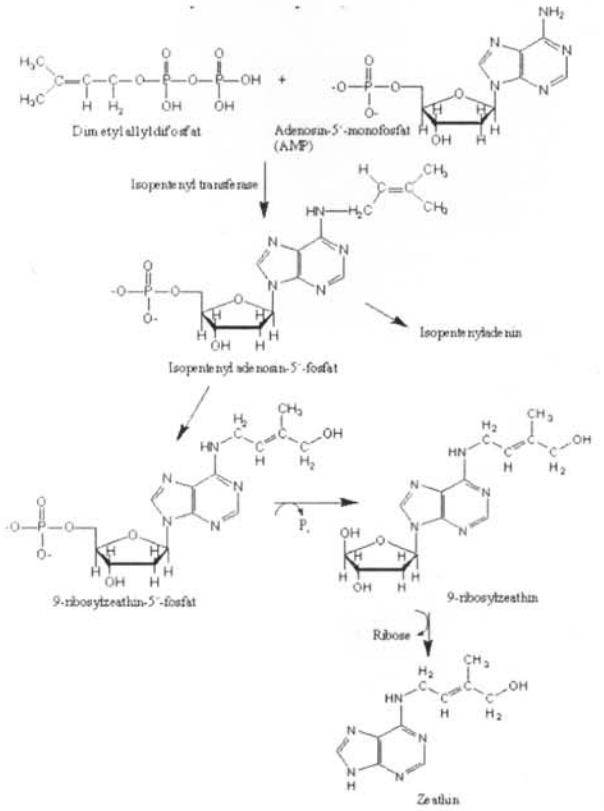
2.4.1 การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต (Plant growth regulator ,PGR)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช คือสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือได้รับการสังเคราะห์ขึ้นมา โดยสารนี้ไม่ใช่ธาตุอาหารพืช แต่เมื่อให้สารนี้กับพืชจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชประกอบด้วยคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) เป็นหลัก และมีประสิทธิภาพที่จะก่อให้เกิดการตอบสนองหรือการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช ในปริมาณหรือความเข้มข้นภายในต้นพืชต่ำมาก คือ ไมโครโมล (μM) หรือ ส่วนในล้าน (ppm) (กนิษฐ์ , 2545)

มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดเป็นส่วนประกอบของสารละลายเคมีที่ใช้ยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ เช่น ช่วยชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของดอกไม้ สารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ ได้แก่ ไซโทไคนิน ออกซิน จิบเบอเรลลิน และ กรดแอบซิสสิก รวมทั้งใช้สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (plant growth retardant) ที่นิยมใช้ได้แก่ daminizide (B-9) และ chlormequat (CCC) สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกไม้บางชนิดได้ ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้สามารถช่วยยับยั้งการหายใจ ทำให้การใช้อาหารสะสมช้า เป็นสาเหตุหนึ่งให้ดอกไม้มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น

2.4.1.1 ไซโทไคนิน (Cytokinins)

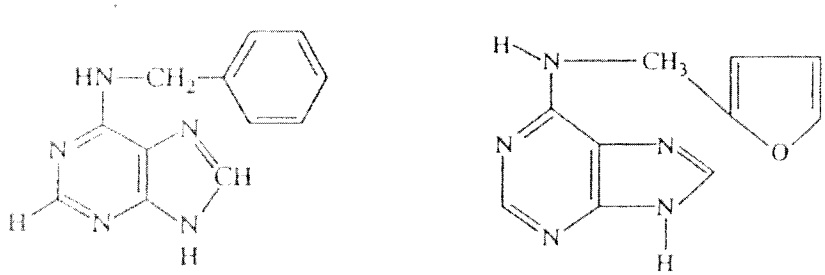
ไซโทไคนิน เป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ไซโทไคนินเริ่มจากกรดมีวาโลนิก (mevalonic) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็น isopentenyl pyrophosphate แล้วทำปฏิกิริยากับ adenine monophosphate (AMP) ได้เป็น isopentenyl AMP จากนั้นจะเปลี่ยนไปเป็น isopentenyl adenine โดยมีเอนไซม์มาตัดเอาหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลไรโบสออกไป isopentenyl adenine เป็นสารไซโทไคนินชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจถูกออกซิไดส์ไปเป็น ซีเอทิน ซึ่งอาจถูกรีดิวซ์โดย NADPH ไปเป็น dihydroซีเอทิน (นิตย์, 2541)



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการสังเคราะห์ไซโทไคนิน
ที่มา: Sinha (2004)

บริเวณที่มีไซโทไคนินอยู่เป็นปริมาณมาก ได้แก่ เมล็ด ผล ใบอ่อน และปลายราก (root tips) ทำให้เชื่อว่ามีการสังเคราะห์ไซโทไคนินในบริเวณดังกล่าว แต่ก็อาจเป็นไปได้ที่เกิดจากการสะสม เนื่องจากการลำเลียงมาจากส่วนอื่น พบว่าปลายรากสามารถปลดปล่อยไซโทไคนินออกมาได้ แม้ว่าถูกตัดออกจากส่วนต้น ซึ่งนำไปสู่แนวคิดที่ว่าปลายรากสังเคราะห์ไซโทไคนินและลำเลียงผ่านทางไซเล็ม (xylem) ไปสะสมในใบอ่อน ผล และเมล็ด แม้ว่าปลายรากจะเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญของไซโทไคนิน แต่มีการพบว่าในพืชหลายชนิดลำต้นก็สามารถสร้างไซโทไคนินที่จำเป็นได้เช่นกัน การลำเลียงของไซโทไคนิน โดยเฉพาะ ซีเอทิน และ ซีเอทิน riboside เกิดขึ้น

ในไซเล็ม อย่างแน่ชัด แต่ในท่อลำเลียงอาหาร (sieve tube) ก็สามารถพบไซโทไคนินในรูปของ glucoside (นพดล, 2537) บางครั้งไซโทไคนินอยู่ในรูปอิสระ เป็นตัวก่อให้เกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยาในพืช ซีเอทิน dihydroซีเอทิน และ isopentenyl adenine (IPA) เป็นไซโทไคนินที่อยู่ในรูปอิสระที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในพืช นอกจากนี้ ยังมี kinetin (Kn) และ benzyladenine (BA) ซึ่งเป็นไซโทไคนินสังเคราะห์และมีฤทธิ์มาก ซึ่งไซโทไคนินช่วยชะลอการเสื่อมสภาพตามอายุของไม้ตัดดอก (นิตย์, 2541; Halevy and Mayak, 1979) โดยจะไปแสดงอิทธิพลในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น การเปลี่ยนสภาพการพักตัว การส่งเสริมการแบ่งเซลล์ เพิ่มการเปลี่ยนแปลงของเซลล์จากระยะ G2 ไปสู่ระยะไมโทซิส (mitosis)และทำการเพิ่มอัตราการสร้างโปรตีน ซึ่งโปรตีนต่าง ๆ เหล่านี้ บางส่วนอาจเป็นเอนไซม์ที่จำเป็นต่อกระบวนการไมโทซิส (นพดล, 2537) การชะลอการแก่ของใบ พบว่าไซโทไคนินช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร ส่วนของพืชที่ได้รับไซโทไคนินจะเกิดการเคลื่อนที่ของสารละลายต่าง ๆ จากใบที่แก่กว่าไปยังส่วนที่ได้รับไซโทไคนิน มีผลช่วยชะลอการเสื่อมของคลอโรฟิลล์ และการเสื่อมสภาพตามอายุของพืช สารดังกล่าวอาจรวมถึงกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างอาร์เอ็นเอ และดีเอ็นเอ โดยทั้งกรดอะมิโน อาร์เอ็นเอ และดีเอ็นเอ เป็นส่วนจำเป็นในการสร้างโปรตีน (สมบุญ, 2544)



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของเบนซิลอะดีนีน (ซ้าย) และไคเนทิน (ขวา)
ที่มา: Sinha (2004)

การเหี่ยวของดอกไม้เป็นกระบวนการซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการถ่ายละอองเกสร กระบวนการเหี่ยวจึงเริ่มเกิดการเสื่อมสลายของแมโครโมเลกุลในโครงสร้างของกลีบดอก และมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปยังเนื้อเยื่อรังไข่ (Chang et al., 2003) เพื่อให้มีการเจริญเป็นเมล็ด สารไซโทไคนินที่มีอยู่ในกลีบดอก (เช่น กุหลาบ) จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อดอกเริ่มมีการบานและจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อดอกบานเต็มที่ แต่กลับพบว่าปริมาณไซโทไคนินจะเพิ่มขึ้นในผลที่กำลังเจริญทำให้กลีบดอกเหี่ยว แต่ถ้าหากมีการนำ silverthiosulfate ซึ่งเป็นสารชะลอการเสื่อมสภาพจากการทำงานของเอทิลีนมาใช้แช่ดอกไม้ ก็จะพบว่าปริมาณของสารไซโทไคนินที่รังไข่ไม่มีการเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าการสลายของสารไซโทไคนินภายในดอกไม้นั้นไม่คงที่และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Noodén and Leopold, 1988) และการเสื่อมสภาพนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเอทิลีน กรดแอบซิสสิก และไซโทไคนินภายในดอกไม้ โดยเชื่อกันว่าสารเหล่านี้ควบคุมกระบวนการที่

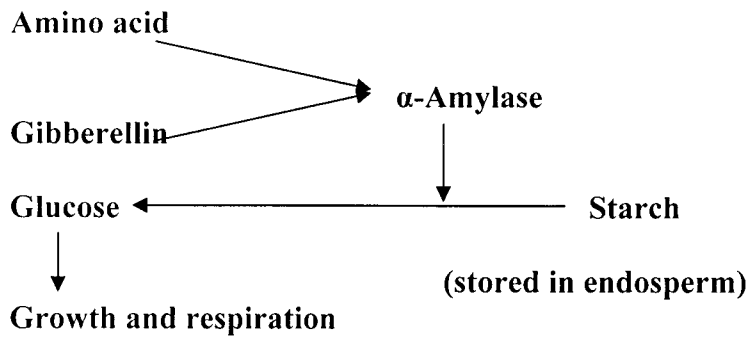
เกิดขึ้น โดยที่เอทิลีนและกรดแอบซิสสิกเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมตามอายุ ขณะที่ไซโทไคนินไปยับยั้งการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อดอกไม้ (Maria et al., 2004) ไซโทไคนินเป็นฮอร์โมนพืชกลุ่มหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ อีกทั้งมีบทบาทหลักในกระบวนการที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโต การเมแทบอลิซึมและการเจริญของพืช เพราะว่าเป็นกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรต ความสัมพันธ์ของ Source-Sink ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช (Maria et al., 2004) นอกจากนี้ไซโทไคนินยังเป็นฮอร์โมนที่ต่อต้านการเสื่อมตามอายุที่สำคัญในพืช จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างไซโทไคนินและเอทิลีน มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการควบคุมการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก จึงได้มีการนำไซโทไคนินมาประยุกต์ใช้ในการลดการตอบสนองของเนื้อเยื่อดอกไม้ต่อเอทิลีน หรือชะลอการสร้างเอทิลีน ซึ่งได้มีการทดลองในดอกไม้หลายชนิด เช่นคาร์เนชัน กุหลาบ เยอบีรา และพบว่าเมื่อมีการใช้สารไซโทไคนินมาแช่ก้านดอกจะลดการสังเคราะห์เอทิลีนและลดระดับของสาร ACC ภายในกลีบดอก และยังจำกัดความสามารถของเนื้อเยื่อในการที่จะเปลี่ยน ACC ให้เป็นเอทิลีน (Noodén and Leopold, 1988) แต่สารไซโทไคนินจะเป็นประโยชน์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไซโทไคนินนั้น ๆ รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ก้านดอกไม้ แต่ในการประยุกต์ใช้สารไซโทไคนินนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพจะนิยมใช้ร่วมกับน้ำตาลซูโครส เพื่อปรับปรุงคุณภาพของไม้ตัดดอกให้ดีขึ้น

Eisinger (1977) ได้ทำการทดลองหาความเข้มข้นของ kinetin ที่เหมาะสมในการยืดอายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชัน (ระยะบานเต็มที่) รวมถึงการสังเคราะห์เอทิลีนและผลการตอบสนองต่อเอทิลีนโดยนำสาร kinetin ที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 5, 10 และ 15 μg/ml มาผสมในสารละลายที่ใช้สำหรับยืดอายุการใช้งาน โดยมีส่วนผสมของน้ำตาลซูโครส 300 μg/ml และ 8-HQ มาผสมในน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) หลังจากนั้นนำดอกคาร์เนชันมาแช่ลงในสารละลายที่เตรียมไว้ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส โดยให้แสงฟลูออเรสเซ็นซ์ตลอดเวลา จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสาร kinetin ที่ระดับ 5 และ 10 μg/ml เหมาะสมที่สุด ยืดอายุการใช้งานของดอกคาร์เนชัน ได้นานถึง 17 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า Kinetin มีผลในการลดการสังเคราะห์ของเอทิลีนที่สร้างมาจากดอกคาร์เนชัน และยังลดอัตราการตอบสนองต่อเอทิลีนของดอกคาร์เนชัน โดยพบว่าระดับของสาร kinetin ที่เหมาะสมในการลดอัตราการสังเคราะห์เอทิลีน ในช่วง 3 ชั่วโมงแรก คือ 5 μg/ml โดยจะลดได้ถึง 55% และยังช่วยลดอัตราการเสื่อมคุณภาพ นอกจากนี้ที่ระดับ 5 μg/ml ยังพบว่าการตอบสนองต่อเอทิลีนในการทำให้ดอกคาร์เนชันเสื่อมจะเกิดขึ้นช้า โดยที่จะยับยั้งการเสื่อมของดอกคาร์เนชันได้ถึง 8 วัน และ Mor et al. (1983) ได้ทำการศึกษาถึงการยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีนในกลีบดอกคาร์เนชันโดยการใช้ไซโทไคนิน ได้แก่ BA, kinetin และ ซีเอทิน และพบว่าไซโทไคนินมีผลในการยับยั้งกระบวนการเปลี่ยนของ ACC ไปเป็นเอทิลีน โดยผลจากการทดลองพบว่า BA ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 mM ช่วยยืดอายุการใช้งานของดอกคาร์เนชันได้ดีที่สุด ผลการทดลองนี้ก็

สอดคล้องกับงานทดลองของ Eisinger (1977) ที่ใช้ kinetin ในการยืดอายุดอกคาร์เนชัน และเมื่อศึกษาถึงอัตราการสังเคราะห์เอทิลีนก็พบว่า การให้ BA ก่อนที่จะนำไปแช่ในสารละลาย ACC 10 μM ช่วยลดการสังเคราะห์เอทิลีนลงได้

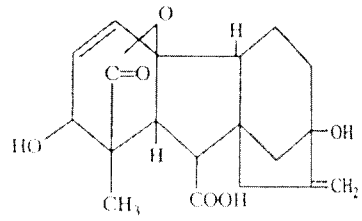
2.4.1.2 จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)

Gibberellic acid (GA_3) เป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มสารพวกไดเทอร์ฟีนอยด์ (diterpenoid) สารเริ่มต้นในการสังเคราะห์ของ GA_3 คือ mevalonic acid (Arteca, 1996) GA_3 มีคุณสมบัติช่วยในการขยายตัวของเซลล์ กระตุ้นการงอกของเมล็ด การออกดอก และการทำงานของเอนไซม์ (ภาพที่ 2.7) (Paleg, 1965)



ภาพที่ 2.7 กลไกการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล
ที่มา : Peleg (1965)

นอกจากนี้ GA_3 ยังช่วยเพิ่มการดูดน้ำโดยไปลดค่าศักย์ออสโมซิส (osmotic potential)ของเซลล์ก้านดอก (Katsumi and Ishida, 1990) โดยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ความเข้มข้นในไซโตพลาสซึมมากขึ้น น้ำจึงเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวเซลล์ได้มากขึ้น และยังส่งผลให้ความดันเต่ง (tugor pressture) เพิ่มสูงขึ้น Emongor (2004) พบว่าการใช้ GA_3 ช่วยยืดอายุการใช้งานของดอกเยอบีราพันธุ์ Ida Red ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2.5, 5 และ 7.5 ppm โดยที่ GA_3 ไปมีผลในการปรับปรุงคุณภาพของดอกเยอบีรา ได้แก่ ความสมดุลของน้ำไปเพิ่มอัตราการดูดน้ำ และลดการสูญเสียน้ำจากดอก ช่วยรักษาความเต่งของกลีบดอกและชะลอการเหี่ยวของกลีบดอกได้ นอกจากนี้ยังชะลอการโค้งงอของก้านดอกเยอบีราอีกด้วย ทำให้ดอกเยอบีรามีอายุการใช้งานได้นานถึง 14 วันเมื่อเทียบกับการแช่ในน้ำกลั่น



ภาพที่ 2.8 สูตรโครงสร้างของกรดจิบเบอเรลลิก
ที่มา: Sinha (2004)

2.4.2 การใช้สารละลายยืดอายุการใช้งาน (Preservative solution)

ดอกไม้ที่ตัดออกจากต้นแล้วจะขาดอาหารที่เคยได้รับจากต้น ปริมาณอาหารที่มีอยู่ในก้านดอกจะถูกใช้ไปเรื่อย ๆ เมื่ออาหารหมดเซลล์จะตาย ดอกไม้ก็จะเหี่ยว ดังนั้น ถ้าทำให้ดอกไม้ได้รับอาหารต่อไป ดอกไม้จะมีชีวิตยืนยาวขึ้น การใช้สารส่งเสริมคุณภาพแช่ก้านดอกเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนการเก็บรักษา การขนส่ง และก่อนการใช้ประโยชน์ ทำให้ดอกไม้มีอายุการใช้งานนานขึ้น ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพัลซิง (pulsing) เป็นขั้นตอนที่กระทำก่อนการขนส่งหรือก่อนการนำดอกไปเก็บรักษา จุดประสงค์หลักคือ เป็นการเพิ่มสารอาหารให้แก่ดอกไม้ เพื่อทำให้ดอกไม้มีคุณภาพดีขึ้น ดอกบานทนขึ้น มีขนาดดอกใหญ่ขึ้น และอายุการใช้งานนาน เมื่อนำไปปักแจกันน้ำธรรมดา สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบหลักคือ น้ำตาลซูโครส และสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ปริมาณความเข้มข้นที่ใช้จะสูงกว่าที่ใช้ในสารละลายสำหรับแช่ (ปักแจกัน) และต้องมีการกำหนดการแช่สารละลายพัลซิงให้เหมาะสม ถ้ามากเกินไปดอกไม้อาจเสียหายได้ โดยปกติเวลามักจะผันแปรตามชนิดดอกไม้ (สายชล, 2531; Halevy and Mayak, 1979) สำหรับสารละลายยืดอายุการปักแจกันหรือยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ ประกอบด้วยสารเคมีอย่างน้อย 2 ชนิด คือน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของดอกไม้ และสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ เพื่อลดการอุดตันของท่อลำเลียงในก้านดอก เช่น 8-hydroxyquinoline (HQ) นอกจากนี้บางครั้งยังมีการเติมสารยับยั้งการผลิตและทำงานของเอทิลีน ซึ่งสารเคมีในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้มาก คือ ซิลเวอร์ไนเทรท ($AgNO_3$) หรือเงินไนเทรท เป็นสารเคมีที่นอกจากมีผลในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีมากแล้ว ยังยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ แต่ซิลเวอร์ไนเทรทยังเคลื่อนที่ในก้านดอกช้า จึงนิยมใช้ร่วมกับสารโซเดียมไทโอซัลเฟต ได้สารตัวใหม่คือ ซิลเวอร์ไทโอซัลเฟต (STS) ซึ่งจะเคลื่อนที่ในก้านดอกได้ดีกว่า ตัวอย่างของสารยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน ได้แก่ aminoethoxyvinyl glycine (AVG) และ aminoxyacetic acid (AOA) เป็นต้น รวมทั้งอาจมีการใช้กรดอินทรีย์เพื่อปรับค่าพีเอชของน้ำยาให้ลดลง ซึ่งกรดอินทรีย์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ได้ เนื่องจากน้ำที่มี pH ต่ำจะลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ไปอุดตันท่อลำเลียง และยังทำให้ฟองอากาศในท่อลำเลียงละลายได้มากขึ้น หรือสลายตัวได้ดี ทำลายโครงสร้างของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอุดตันของท่อลำเลียงจาก

การเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ทำให้ดอกไม้มีการดูดน้ำได้มากขึ้น กรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ ได้แก่ ซิตริก และเบนโซอิก (ยงยุทธ, 2546) นอกจากนี้ยังมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมาเป็นส่วนประกอบของสารละลายยืดอายุการใช้งาน โดยอาจมีบทบาทในการเร่งหรือยับยั้งกระบวนการทางชีวเคมี หรือสรีรวิทยาในดอกไม้ เช่น การชะลอกระบวนการเสื่อมตามอายุของดอกไม้

2.4.2.1 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ดีที่สุดและถูกดูดซึมเข้าสู่ก้านดอกได้ง่ายที่สุด น้ำตาลถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับดอกไม้ เพื่อให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในดอกไม้ที่ตัดออกจากต้นดำเนินไปได้อย่างปกติ น้ำตาลทำให้โครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์เป็นปกติ นอกจากนี้น้ำตาลยังช่วยปรับปรุงภาวะสมดุลของน้ำ โดยไปควบคุมการคายน้ำของดอกไม้และเพิ่มการดูดน้ำของก้าน ชนิดของน้ำตาลที่ใช้มากที่สุด คือ น้ำตาลซูโครส เนื่องจากมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย และยังสามารถเคลื่อนที่ในท่อลำเลียงได้ดีกว่าน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทส โดยเซลล์ของดอกไม้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรักโทสเพื่อใช้เป็นอาหารได้ ในกรณีของน้ำตาลมอลโทสและน้ำตาลแลกโทส จะมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ในความเข้มข้นต่ำเท่านั้น ขณะที่ sugar alcohol คือแมนนิทอลและแมนโนส ไม่สามารถนำมาใช้ในการยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ เพราะทำให้เกิดอันตรายต่อดอกไม้ได้ (นิธิยา และ ดนัย, 2537)

บทบาทของน้ำตาลนอกจากเป็นแหล่งอาหารเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจของดอกไม้แล้ว น้ำตาลยังมีบทบาทอื่น ๆ ที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการปักแจกัน เช่น การรักษาสภาพของไมโทคอนเดรียและเมมเบรน เมื่อดอกไม้เข้าสู่วัยชราภาพไมโทคอนเดรียและเมมเบรน ภายในดอกไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพไปในทางเสื่อม ซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดอกไม้หมดสภาพการใช้งานเร็ว น้ำตาลในสารละลายที่ดอกไม้ดูดขึ้นไปจะช่วยรักษาสภาพของไมโทคอนเดรียและเมมเบรนให้อยู่ในสภาพเดิมได้นานต่อไปอีก ทำให้อายุการใช้งานของดอกไม้ยืดยาวออกไป (ยงยุทธ, 2546; สายชล, 2531) และดอกไม้ที่ได้รับน้ำตาลซูโครส จะมีค่า osmotic potential สูงขึ้น ทำให้ดอกไม้สามารถดูดน้ำได้เพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดน้ำนี้จะส่งผลถึงการบานของดอกตูมในดอกไม้ที่มีลักษณะเป็นช่อ และช่วยในการปิดปากใบซึ่งทำให้ดอกไม้คายน้ำลดลง นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำเงินในดอกกุหลาบพันธุ์สีแดง โดยชะลอการสลายตัวของโปรตีน เพราะการสลายตัวของโปรตีนทำให้ระดับพีเอชในแวคิวโอลสูงขึ้น และน้ำตาลยังทำปฏิกิริยากับฮอร์โมนพืช โดยสามารถปรับปฏิกิริยากระตุ้นผลของไซโทไคนิน และการลดความเครียดที่เกิดจากการขาดน้ำทำให้ลดการสร้างกรดแอบซิสสิกภายในให้ต่ำลง (ดวงพร, 2529; ยงยุทธ,2546)

2.4.2.2 สารเคมีฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเจริญเติบโตอยู่ในน้ำที่ใช้แช่ดอกไม้ในแจกัน ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราบางชนิด เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสียต่อดอกไม้ในแง่การเจริญของดอก

และการอุดตันของท่อลำเลียงนอกจากนั้นเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถสร้างเอทิลีนและสารพิษบางชนิดขึ้นมาได้ ซึ่งจะเร่งกระบวนการเสื่อมสภาพของดอกไม้ให้เร็วยิ่งขึ้น ดังนั้น เพื่อควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ จึงมีการใช้สารที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้ปักแจกัน สารที่นิยมเติมลงในสารละลายยืดอายุการใช้งาน ได้แก่ 8-hydroxyquinoline (HQ) ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำแต่ข้อจำกัดของสารนี้ คือละลายน้ำยาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ความเข้มข้นสูง และน้ำมีปริมาณเกลือแร่มาก การใช้ในรูปเกลือซัลเฟต หรือเกลือซิเตรต (8-hydroxyquinoline sulfate: HQS หรือ 8-hydroxyquinoline citrate: HQC) จะช่วยให้สามารถละลายน้ำได้ดีกว่า (ยงยุทธ, 2546; สายชล, 2531) การที่สารประกอบดังกล่าวสามารถลดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำในก้านดอกไม้ อาจเกิดจากคุณสมบัติในการเป็นคีเลท (chelate) ของ 8-hydroxyquinoline โดยการจับกับอนุมูลของโลหะที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันในท่อลำเลียง และการเกิดคีเลทของ 8-hydroxyquinoline กับไอออนของโลหะ เช่น เฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) และคิวปริกไอออน (Cu^{+2}) อาจก่อให้เกิดกิจกรรมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยการเพิ่มความเป็นกรดให้กับน้ำ (นิธิยา และดนัย, 2537)

2.5 การใช้สารละลายเคมีในการปรับปรุงคุณภาพดอกเยอบีรา

จากปัญหาต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพและอายุการใช้งานของดอกเยอบีรา ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น นักวิจัยจึงได้ศึกษาหาวิธีการในการยืดอายุการใช้งานของดอกเยอบีรา วิธีการปฏิบัติที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือการนำสารละลายเคมีชนิดต่าง ๆ เช่น สารเคมีที่ประกอบด้วยซิลเวอร์ไนเทรท ($AgNO_3$) หรือการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นส่วนประกอบในสารละลายยืดอายุการใช้งานของดอกเยอบีรา Dole and Wilkins (2005) พบว่าการจุ่มดอกเยอบีราในสารละลายที่มีส่วนผสมของเบนซิลอะดีนิน (benzyl adenine) ที่ความเข้มข้น 0.1 mM นาน 2 นาที ช่วยให้ดอกเยอบีรามีน้ำหนักสดและอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น

ศิริพร (2529) ได้ทำการทดลองการยืดอายุการปักแจกันของดอกเยอบีราพันธุ์แดงลักแทง โดยการแช่ในสารละลายเคมี เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารละลายเคมีที่ใช้ประกอบไปด้วยน้ำตาลซูโครส 3 ความเข้มข้น คือ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และ $AgNO_3$ 4 ระดับ คือ 0, 25, 50 และ 100 mg/l หรือสาร 8-HQS ความเข้มข้น 0, 50, 100 และ 200 mg/l จากนั้นปรับพีเอชของสารละลาย ให้เท่ากับ 4.0 แล้วจึงนำดอกเยอบีรามาแช่ลงในสารละลายที่เตรียมไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วย้ายดอกเยอบีรามาปักแจกันที่มีการเติมเพียงน้ำประปา นำไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองจะสังเกตพบว่าตรงโคนก้านดอกที่แช่ในสารละลาย $AgNO_3$ มีสีดำ และก้านดอกเน่าเปื่อยน้อย เมื่อเทียบกับที่แช่ในน้ำประปาและสารละลายน้ำตาล และยังพบว่าการแช่ดอกเยอบีราในสารละลายซูโครส 5% ร่วมกับ $AgNO_3$ 25 mg/l ทำให้ดอกเยอบีรามีอายุการปักแจกันมากที่สุดเฉลี่ย 7.2 วัน แต่ก็พบว่าการสูญเสียน้ำหนักสดนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับดอกที่แช่ในน้ำประปา (ชุดควบคุม) ขณะที่ดอกเยอบีราที่ได้รับสารละลายซูโครส 5% ร่วมกับ $AgNO_3$ สูญเสียความสดได้ช้าที่สุดและ พบว่าการใช้

สาร 8-HQS ร่วมกับซูโครสมีผลทำให้สภาพดอกโดยทั่วไปดีแต่ก้านดอกเน่าเสียเร็ว อายุการปักแจกันไม่แตกต่างจากการแช่ลงในน้ำประปา (ชุดควบคุม) โดยมีอายุการปักแจกันเฉลี่ย 5 วัน

ต่อมา บดิษฐา (2533) ได้ทดลองใช้สารละลาย 8-HQS และน้ำตาลซูโครสเพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกเยอบีราพันธุ์ Lea โดยใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับ 0, 30 และ 50 mg/l ละลายลงในน้ำขจัดไอออน และใช้น้ำตาลซูโครสในที่ความเข้มข้นเดิมมาละลายร่วมกับสารละลาย 8-HQS เข้มข้น 100 และ 200 mg/l จากนั้นปรับค่าพีเอชเท่ากับ 3.0 แล้วจึงนำดอกเยอบีรามาปักลงในสารละลายที่เตรียมไว้ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เฉลี่ย 27.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 81.5% จากการทดลองพบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 30 และ 50 g/l มีผลทำให้อายุการปักแจกันของดอกเยอบีราสั้นเพียง 2.1 วัน และยังเกิดการสูญเสียความสดอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับการปักลงในน้ำดีไอออไนซ์ และ พบว่า 8-HQS ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 mg/l ทำให้ดอกเยอบีรามีอายุการปักแจกันนานที่สุดเฉลี่ย 9.0 และ 9.6 วัน ตามลำดับ และยังทำให้ดอกมีปริมาณการดูดน้ำรวมมากที่สุด การสูญเสียความสดเกิดขึ้นได้ช้า และไม่เกิดการหักพับของก้านดอก และในปีเดียวกัน อพชินี (2533) ได้ทำการทดลองใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) เพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกเยอบีรากลุ่มพันธุ์ยุโรป 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Beatrix, Queen Rebecca และ Veronica แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรกทำการศึกษาการใช้สารละลาย NaOCl ก่อนการขนส่ง โดยปักดอกเยอบีราลงในสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้น 0.015% นาน 30 นาที จากนั้นปักดอกลงในสารละลาย NaOCl 0.0015% นาน 2 ชั่วโมงก่อนการขนส่งแบบแห้ง เปรียบเทียบกับการปักก้านดอกลงในน้ำก่อนการขนส่ง สำหรับการทดลองที่ 2 จะทำการศึกษาผลของวิธีการใช้สาร NaOCl โดยการจุ่มสารละลาย NaOCl 0.005% แล้วปักในน้ำขจัดไอออน และการจุ่มลงในสารละลายสาร NaOCl 1% ร่วมกับ Tween-80 (0.1%) นาน 1 นาที แล้วปักในน้ำขจัดไอออน เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทั้ง 2 จากผลการทดลองแรกพบว่า อายุการปักแจกัน ปริมาณการดูดน้ำรวมและเฉลี่ยต่อดอก เปอร์เซ็นต์การหักพับของก้านดอก และการเหี่ยวของกลีบดอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยมีอายุการปักแจกันประมาณ 7 วัน สำหรับผลการทดลองที่ 2 พบว่าวิธีการในการใช้สาร NaOCl มีความแตกต่างกัน การใช้สาร NaOCl ที่ความเข้มข้น 0.005% ช่วยทำให้อายุการปักแจกัน ปริมาณการดูดน้ำรวมและเฉลี่ยต่อดอกของดอกเยอบีราทั้ง 3 สายพันธุ์ เพิ่มขึ้น