

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนการละลายระหว่าง ดินสอพอง : น้ำ ที่เหมาะสมต่อการผลิต สารดูดกลิ่นเอทิลีน

จากการทดลองพบว่า ของผสมระหว่างดินสอพองต่อน้ำ ที่อัตราส่วนน้ำหนัก 2 : 1 มีค่าเฉลี่ยความหนืดสูงที่สุด คือ 107.88 เซ็นติพอยส์ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.61-59.69 เซ็นติพอยส์ แสดงว่าที่อัตราส่วนน้ำหนัก 2 : 1 มีปริมาณสัดส่วนของน้ำในของผสมน้อยกว่าอัตราส่วนอื่นๆ ทำให้ของผสมระหว่างดินสอพองและน้ำที่อัตราส่วนดังกล่าวมีลักษณะข้นกว่าของผสมที่อัตราส่วนอื่นๆ โดยจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ต้องกำจัดออกจากตัวอย่างจึงเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดเหมาะแก่การนำไปทำการอบแห้ง ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดส่งผลต่อการลดระยะเวลาในการสัมผัสและการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกลิ่นเอทิลีน เนื่องจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมีคุณสมบัติเป็น oxidizing agent ที่รุนแรง (Bioconservacion, 2004) จึงสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ ทั้งนี้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของดินสอพองในของผสมกับค่าความหนืดของของผสม ($y = 45.703x + 6.0789, R^2 = 0.90$) ยังอธิบายได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของดินสอพองเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของของผสมก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยในปี ค.ศ. 1906 Einstein ได้แสดงให้เห็นว่า ความหนืดของสารละลายสัมพันธ์กับขนาดและมวลโมเลกุลของตัวถูกละลายในสารละลาย (เรื่องศรี, 2542) เนื่องจากเมื่อของไหลเกิดการไหล โมเลกุลของของไหลจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ในทิศทางเดียวกันในแต่ละระนาบ ทำให้มีความเร็วที่แตกต่างกัน โดยโมเลกุลที่อยู่ติดกับระนาบดังกล่าวจะแสดงการต้านทานต่อแรงที่กระทำทำให้โมเลกุลในระนาบเคลื่อนที่เร็วกว่าโมเลกุลอื่นๆ (Toledo, 1999) ดังนั้นเมื่อของผสมมีโมเลกุลของดินสอพองเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่มมากขึ้นในระหว่างที่ของผสมเคลื่อนที่ ซึ่งเกิดจากแรงต้านทานภายในระหว่างโมเลกุลของของผสม ทำให้ของผสมมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น

5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารดูดกลืนเอทิลีน

5.2.1 ระยะเวลาในการอบ

จากการศึกษาระยะเวลาในการอบสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ พบว่าการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนด้วยตู้อบลมร้อนใช้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างน้อยกว่าเครื่องอบแบบสุญญากาศ เนื่องจากการอบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศเป็นวิธีการอบแบบระบบปิด ไม่มีการหมุนเวียนอากาศจากภายนอกเข้ามาในระบบ ดังนั้นเมื่อน้ำจากตัวอย่างระเหยกลายเป็นไอจนถึงระดับหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาวะสมดุล คือเมื่อจำนวนของน้ำในรูปของไอน้ำเคลื่อนที่เข้าและออกในปริมาณที่เท่ากัน (คณัย, 2540) บรรยากาศภายในตู้อบจะอึดตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งถ้าหากทำการอบตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมากจะทำให้การกำจัดน้ำออกจากระบบเป็นไปได้ช้า เป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของเครื่องอบแบบสุญญากาศ ซึ่งโดยมากมักนิยมใช้ในการอบแห้งขั้นที่ 2 (secondary drying) ต่อจากการอบแห้งด้วยวิธีอื่น เช่น การอบด้วยตู้อบลมร้อน ให้มีความชื้นเหลือ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ก่อน จึงทำการอบต่อด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศ (Arun, 1995) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบการกำจัดน้ำออกจากตู้อบของเครื่องอบแบบสุญญากาศแต่ละเครื่อง แต่เนื่องจากเครื่องอบแบบสุญญากาศที่ใช้ในการทดลองมีความสามารถไม่เพียงพอต่อการกำจัดน้ำภายในตู้อบในระหว่างการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีน ดังนั้นการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนซึ่งมีปริมาณน้ำในตัวอย่างมากจึงไม่เหมาะสมกับเครื่องอบแบบสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบนานกว่าตู้อบลมร้อนที่มีการหมุนเวียนอากาศภายในตู้อบอยู่ตลอดเวลา

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอุณหภูมิที่ใช้ในการอบตัวอย่าง พบว่าระยะเวลาในการอบตัวอย่างเป็นส่วนกลับของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ การใช้อุณหภูมิสูงจะใช้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งที่ระดับอุณหภูมิ 200°C ใช้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 175 และ 150°C ตามลำดับ จากปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้จากแผนภูมิ Psychrometric (ภาพภาคผนวกที่ 8) โดยจะเห็นได้ว่าความดันไอน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นความดันไอน้ำในอากาศหรือ absolute humidity ของอากาศอึดตัวจะแปรตามอุณหภูมิ หมายความว่าที่อุณหภูมิสูงอากาศสามารถอึดน้ำไอน้ำไว้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (คณัย, 2540) ดังนั้นการอบ ตัวอย่างด้วยอุณหภูมิสูงจึงสามารถกำจัดน้ำออกจากตัวอย่างได้ด้วยระยะเวลาที่สั้นกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำ

สำหรับปัจจัยด้านระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) พบว่าไม่มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีน โดยสารดูดกลืนเอทิลีนที่ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ระดับความเข้มข้น 1, 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการอบแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากน้ำในตัวอย่างถูกกระตุ้นจากปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อ

การระเหยของน้ำมากกว่าปัจจัยดังกล่าว โดยเฉพาะปัจจัยด้านอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิสูง ส่งผลให้การระเหยของน้ำจากแต่ละตัวอย่างเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เห็นความแตกต่างของระยะเวลาในการอบระหว่างความเข้มข้นต่างๆ ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

นอกจากนั้นในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างปัจจัยต่างๆ ยังพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดตู้อบและอุณหภูมิส่งผลต่อระยะเวลาในการอบตัวอย่าง โดยการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 200°C ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยที่สุด เนื่องจากปัจจัยทั้งสองดังกล่าวต่างส่งผลทำให้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสั้นที่สุด ดังนั้นเมื่อใช้ปัจจัยทั้งสองร่วมกันจึงแสดงอิทธิพลต่อระยะเวลาในการอบในทางส่งเสริมกัน ซึ่งทำให้น้ำจากตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยสภาวะดังกล่าวเกิดการระเหยและถูกกำจัดออกอย่างรวดเร็ว และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างระดับอุณหภูมิและความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต พบว่าแต่ละปัจจัยที่อยู่ในระดับอุณหภูมิเดียวกันมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการอบไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งพิจารณาได้จากการแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ ณ ระดับความเข้มข้นเดียวกันที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสนับสนุนที่แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมีอิทธิพลต่อระยะเวลาการอบตัวอย่างน้อยกว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิ

5.2.2 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีน

จากการนำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ ไปวัดอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ณ ระยะเวลาต่างๆ พบว่าก๊าซเอทิลีนจะถูกดูดกลืนจนมีความเข้มข้นลดลงเรื่อยๆ ในลักษณะ negative exponential curve เนื่องจากเมื่อเริ่มปฏิกิริยาจะมีสารตั้งต้น (เอทิลีนและโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต) อยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำการปฏิกิริยากันอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของปฏิกิริยา จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป สารตั้งต้นบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้อีก ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นในระบบลดลง อัตราการทำปฏิกิริยาจึงลดลง (ทบทวนมหาวิทยาลัย, 2541) และเมื่อทำการหาสมการ exponential ($Y = ae^{-bt}$) ของแต่ละกรรมวิธี พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ b ในสมการซึ่งบอกถึงความเร็วในการลดลงของเส้นกราฟในแต่ละกรรมวิธี มีความแตกต่างกัน โดยสารดูดกลืนเอทิลีนที่ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ทุกสภาวะการอบ มีค่าสัมประสิทธิ์ b ใกล้เคียงกับสารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh ซึ่งสูงกว่าสารดูดกลืนเอทิลีน Ethyl-Gone และสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีอื่นๆ แสดงว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh มีอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนสูงกว่า เพราะมีอัตราเร็วในการลดลงของเส้นกราฟมากกว่า

ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับความเข้มข้นที่สัมพันธ์กับพื้นที่ผิวสัมผัสของเม็ดดินสอพองซึ่งทำหน้าที่เป็นสารตัวพา โดยโมเลกุลของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะสามารถเกาะกับผิวของเม็ดดินสอพองได้อย่างพอดี ใกล้เคียงกับสารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh ซึ่งเป็นสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในทางการค้า สอดคล้องกับเมื่อทำการเปรียบเทียบเฉพาะค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ b ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต พบว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ b สูงที่สุด ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนใกล้เคียงกันและมีความเร็วในการลดลงของเส้นกราฟรองจากที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น คือ 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับความเข้มข้นที่มากเกินไป โดยจากรายงานของ International Programme on Chemical Safety (1999) กล่าวว่า ณ อุณหภูมิ 25 และ 20°C โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะอิมตัวที่ 7.43 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ของสารละลาย ดังนั้นการใช้สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับระดับความเข้มข้น ณ จุดอิมตัว จึงมีโอกาที่โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตบางส่วนจะไม่ละลายและเกิดการตกผลึกขึ้น ณ จุดดังกล่าว ทำให้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในตัวอย่างบางส่วนไม่สามารถเกาะกับผิวของเม็ดดินสอพองได้ อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนจึงไม่เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ยิ่งไปกว่านั้นโมเลกุลของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่เหลือยังไปลดพื้นที่ผิวสัมผัสและความเป็นรูพรุนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นอีกด้วย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการดูดกลืนช้าที่สุด เพราะเป็นระดับที่มีปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตน้อยเกินไป ส่งผลให้มีโมเลกุลที่จะจับกับเอทิลีนในปริมาณน้อย ทำให้มีอัตราการทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้ากว่าที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยจากกฎอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเคมี กล่าวว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา ถ้าสารตั้งต้นมาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็ว เพราะอนุภาคของสารจะใกล้กันมากขึ้นและชนกันบ่อยครั้งขึ้นในทางกลับกันถ้าความเข้มข้นของสารตั้งต้นน้อย อะตอมจะอยู่ห่างกัน ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะน้อยด้วย (นายอะตอม, 2547)

จากการวิเคราะห์อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนโดยอาศัยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ exponential ของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากแต่ละกรรมวิธี พบว่าการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแบบสุญญากาศ มีค่าสัมประสิทธิ์ b เฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ซึ่งตามปกติแล้วการอบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศน่าจะทำให้สารดูดกลืนเอทิลีน

มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนที่ดีกว่า เนื่องจากการอบตัวอย่างด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศเป็นการกำจัดน้ำออกจากตัวอย่างภายใต้สภาวะที่มีความดันอากาศต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (สัมพันธ์, 2545) ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวจะทำให้มีปริมาณออกซิเจนลดลง (Yang *et al.*, 1985) ส่งผลให้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในตัวอย่างมีโอกาสในการสัมผัสกับออกซิเจนลดลง ทำให้ในระหว่างการอบถูก oxidize ไปน้อยกว่าการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่เป็นการอบในสภาวะปกติ แต่เนื่องจากการอบด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวเป็นการอบด้วยอุณหภูมิสูงดังนั้นจึงใช้ระยะเวลาในการอบสั้น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจึงถูก oxidize ได้น้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนจึงใกล้เคียงกัน และนอกจากนี้ปัจจัยทางด้านความเข้มข้นยังเป็นปัจจัยที่แสดงอิทธิพลต่ออัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนได้ชัดเจนกว่าปัจจัยอื่นๆ ดังนั้นจึงทำให้ปัจจัยอื่นๆ แสดงความแตกต่างภายในปัจจัยนั้นได้น้อยลง ทำให้มีค่าเฉลี่ยของอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนที่ใกล้เคียงกัน

เช่นเดียวกับปัจจัยทางด้านอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่อบด้วยอุณหภูมิ 150, 175 และ 200°C มีค่าสัมประสิทธิ์ b ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ไม่สามารถทำให้คุณสมบัติของสารดูดกลืนเอทิลีนเกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยปกติโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและสลายตัวที่อุณหภูมิ 240°C (Fisher Scientific International, 2004) ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้อบตัวอย่าง ทำให้ไม่กระทบต่อการทำปฏิกิริยาของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต นอกจากนั้นจุดหลอมเหลวของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของดินสอพองที่ทำหน้าที่เป็นสารตัวพานั้นเป็นอุณหภูมิที่สูงมากถึง 825°C (Mallinckrodt Baker, 2005) ทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของดินสอพองเกิดขึ้นน้อยมาก คุณสมบัติของสารตัวพาจึงไม่เปลี่ยนแปลง แต่เนื่องจากการอบด้วยตู้อบลมร้อนจะทำให้ตัวอย่างแห้งไม่สม่ำเสมอ การอบที่อุณหภูมิสูงจะไหม้ง่าย ทำให้ต้องกลับตัวอย่างบ่อยครั้ง ซึ่งที่อุณหภูมิ 175 และ 200°C จะสูญเสียความร้อนในระหว่างการกลับตัวอย่างมากกว่าที่อุณหภูมิ 150°C ดังนั้นการอบที่อุณหภูมิ 150°C จึงเหมาะสมต่อการอบตัวอย่างมากที่สุด

5.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น

5.3.1 การทดลองที่ 3.1 ศึกษาชนิดของกระดาษที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สารดูดกลืนเอทิลีน

จากการทดลองนำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นบรรจุในซองที่ทำจากกระดาษ 3 ชนิด แล้วนำไปวัดอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ พบว่า

สารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษทุกชนิดสามารถดูดกลืนก๊าซเอทิลีนได้ในอัตราที่ช้ากว่า สารดูดกลืนเอทิลีนที่ไม่ใช่บรรจุภัณฑ์ เนื่องจากสารดูดกลืนเอทิลีนที่ไม่ใช่บรรจุภัณฑ์สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนได้โดยตรง ในขณะที่กรรมวิธีที่บรรจุสารดูดกลืนเอทิลีนในซองกระดาษชนิดต่างๆ ก๊าซเอทิลีนต้องใช้เวลาในการแทรกผ่านรูพรุนของกระดาษก่อนเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารดูดกลืนเอทิลีนที่อยู่ภายใน ส่งผลให้การทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ช้ากว่าและแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของกระดาษแต่ละชนิด เป็นไปตามกฎของ Frick (Frick's law) ซึ่งอธิบายว่าการเคลื่อนที่ของก๊าซใดๆ ก็ตามจะเป็นสัดส่วนกลับกับความต้านทานของสิ่งกีดขวางที่จะยอมให้เกิดการแพร่กระจายของก๊าซ (दनัย, 2540) สอดคล้องกับภาพถ่ายลักษณะของเส้นใยกระดาษจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่พบว่ากระดาษแต่ละชนิดมีลักษณะของเส้นใยที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการตีเยื่อ (beating) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญของการผลิตกระดาษ โดยกระบวนการผลิตกระดาษแต่ละชนิดนั้นใช้วิธีการตีเยื่อที่แตกต่างกัน กระดาษที่ถูกผลิตขึ้นโดยผ่านการตีเยื่อในอัตราที่ต่ำหรือไม่ผ่านการตีเยื่อ จะมีความแข็งแรงของกระดาษ, ความฟูของเนื้อกระดาษ และความเป็นรูพรุนต่ำ (Casey, 1960) ดังเช่นกระดาษสาที่มีลักษณะของเส้นใยยาวและเรียบ เพราะผลิตขึ้นมาจากปอสาโดยวิธีที่ไม่ใช้เครื่องจักรหรือวิธีการทำแผ่นกระดาษด้วยมือ (hand made papermaking) ซึ่งไม่ผ่านการตีเยื่อ และมีการเรียงตัวของเส้นใยที่ไม่สม่ำเสมอ เกิดการรวมตัวของเส้นใยเป็นกลุ่มก้อน (flocculation) ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของก๊าซ ทำให้การซึมผ่านของก๊าซเอทิลีนเพื่อเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารดูดกลืนเอทิลีนที่อยู่ภายในซองที่ทำจากกระดาษชนิดดังกล่าวเกิดขึ้นช้ากว่าซองที่ทำจากกระดาษพรูฟ ส่งผลให้มีอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนต่ำกว่า เนื่องจากกระดาษพรูฟเป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรและผ่านการตีเยื่อสูงกว่ากระดาษสาแบบบาง ซึ่งกระดาษที่ผ่านการตีเยื่อสูงจะมีความแข็งแรง, ความหนาแน่นสูง, มีเนื้อกระดาษแข็งและสม่ำเสมอ เนื่องจากการตีเยื่อทำให้ผนังชั้นนอก (primary wall) ของเส้นใย (fiber) แตกและหลุดออกบางส่วน ความยาวของเส้นใยลดลง เกิดการปริของเส้น fibril ออกจากเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ผิวจำเพาะของเส้นใยเพิ่มมากขึ้น (Casey, 1960) โดยจะเห็นได้จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 250 เท่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดาษสาแบบบางและกระดาษพรูฟ (ภาพที่ 4.14 และ 4.16) พบว่า กระดาษพรูฟมีการกระจายตัวของเส้นใยที่สม่ำเสมอ ไม่เกิดการจับเป็นกลุ่มก้อนดังเช่นกระดาษสาแบบบาง ซึ่งทำให้มีช่องทางที่ก๊าซเอทิลีนสามารถซึมผ่านได้มากกว่า และทำปฏิกิริยากับสารดูดกลืนเอทิลีนได้เร็วกว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษสาแบบบาง สำหรับสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษทำโคมมีอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนต่ำที่สุด เนื่องจากกระดาษทำโคมซึ่งถูกผลิตขึ้นโดยกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรและผ่านการตีเยื่อเช่นเดียวกับกระดาษพรูฟ แต่กระบวนการผลิต

กระดาษทำโคมใช้อัตราการตีเยื่อที่สูงกว่า มีผลทำให้เส้นใยถูกทำลายหรือถูกตัดให้มีขนาดสั้นลง fibril แดกออกจนกระทั่งทำให้เกิด fine fibrils จำนวนมากและไปอุดตันช่องว่างระหว่างเส้นใย ทำให้กระดาษมีความเป็นรูพรุนต่ำ และนอกจากนี้ fine fibrils จำนวนมากนี้ทำให้จำนวนพื้นที่ผิวสัมผัสของเส้นใยเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดแรงดึงระหว่างพื้นผิว (surface tension forces) ของเส้นใยไว้ด้วยกัน โดยการจัดเรียงตัวใหม่ของพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นใย ทำให้เนื้อกระดาษแน่นขึ้น (Casey, 1960) ส่งผลให้กระดาษทำโคมมีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อยลง ความเป็นรูพรุนของกระดาษต่ำ ก๊าซเททรีนจึงสามารถซึมผ่านได้น้อย ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 4.18 ที่พื้นผิวส่วนใหญ่ของกระดาษมีเส้นใยเกาะกันแน่นจนมองเห็นเป็นเนื้อเดียว แต่เมื่อเพิ่มกำลังขยายจะพบเส้นใยขนาดเล็กหลายเส้นเชื่อมติดกัน (ภาพที่ 4.19)

จากการนำกระดาษที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ไปไว้ในความชื้นสัมพัทธ์ 79 เปอร์เซ็นต์ จนอิ่มตัว แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรง พบว่ากระดาษพหุพรมีค่า tensile index สูงที่สุด เนื่องจากกระดาษชนิดดังกล่าวมีน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ (grammage) มากที่สุด แสดงว่ากระดาษพหุพรมีปริมาณเส้นใยต่อหน่วยพื้นที่มากกว่ากระดาษชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ ส่งผลทำให้มีโอกาสที่จะเกิดพันธะระหว่างเส้นใยได้มากขึ้น ซึ่ง Casey (1960) กล่าวว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความแข็งแรงของกระดาษมีอยู่หลายปัจจัย เช่น ความยาวของเส้นใย, สภาพพื้นผิวของเส้นใย, ขนาดของเส้นใย, การจัดเรียงตัวของเส้นใยในเนื้อกระดาษ และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรหรือความหนาแน่นของกระดาษ ปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ เกี่ยวข้องกับจำนวนของพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นใย ซึ่งถ้าเกิดพันธะระหว่างเส้นใยมาก จะทำให้กระดาษมีความแข็งแรงสูง สำหรับกระดาษสาแบบบาง พบว่ามีค่า tensile index ต่ำกว่าเล็กน้อย เนื่องจากกระดาษสาแบบบางผลิตขึ้นจากเยื่อปอสาโดยไม่ผ่านกระบวนการตีเยื่อ ทำให้เส้นใยของกระดาษสามีลักษณะพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ ไม่พบการปริงของเส้น fibril ออกจากเส้นใย (ภาพที่ 4.15) ทำให้มีจำนวนของพันธะระหว่างเส้นใยน้อยกว่ากระดาษพหุพรู แต่เนื่องจากลักษณะเส้นใยจากเยื่อปอสาเป็นเส้นใยที่จัดอยู่ในประเภทเส้นใยาว ซึ่งมีความยาวโดยเฉลี่ย 10 มิลลิเมตร (อรนุช, 2527; วิมล, 2544; อิศรา และคณะ, 2547) จึงทำให้กระดาษสาแบบบางมีความแข็งแรงแตกต่างจากกระดาษพหุพรูเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับ Britt (1970) ที่กล่าวว่า การผลิตกระดาษจากเยื่อที่มีเส้นใยาวจะทำให้กระดาษมีความแข็งแรง เนื่องจากเส้นใยจะพันกันและมีการจัดเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบ ส่วนกระดาษทำโคมมีค่า tensile index ต่ำที่สุด เนื่องจากผลิตขึ้นจากการกระบวนการที่มีอัตราการตีเยื่อสูงจนกระทั่งทำให้เส้นใยขาดและสั้นลง ส่งผลให้ความสามารถในการยึดเกาะและต้านทานแรงดึงลดลง

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระดาษ พบว่ากระดาษพรูฟดูดซึมน้ำมากกว่ากระดาษสาแบบบางและกระดาษทำโคมตามลำดับ มีสาเหตุมาจากจากกระดาษทั้งสามชนิดดังกล่าวมีปริมาณเส้นใยต่อหน่วยพื้นที่แตกต่างกัน โดยสังเกตได้จาก grammage ของกระดาษชนิดนั้นๆ ซึ่งพบว่าสอดคล้องกัน ส่งผลให้กระดาษพรูฟซึ่งมี grammage มากกว่ากระดาษสาแบบบางและกระดาษทำโคมสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากกว่า นอกจากนี้กระบวนการตีเยื่อที่แตกต่างกันยังส่งผลต่อการดูดซึมน้ำของกระดาษ ดังผลการทดลองที่พบว่ากระดาษสาแบบบางสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่ากระดาษทำโคม ทั้งนี้เนื่องจากกระดาษทั้งสองชนิดดังกล่าวผลิตขึ้นด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ซึ่งกระดาษสาแบบบางผลิตขึ้นโดยวิธีการทำแผ่นกระดาษด้วยมือ ทำให้มีการกระจายตัวของเส้นใยที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้บริเวณที่เป็นกลุ่มก้อนของเส้นใยสามารถดูดซึมน้ำได้มาก แตกต่างจากกระดาษทำโคมที่ผลิตขึ้นโดยวิธีที่ใช้เครื่องจักรและผ่านการตีเยื่อในอัตราที่สูงจนกระทั่งเส้นใยขาดสั้นลงและเกิดเป็น fine fibril เกาะกันแน่น ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไประหว่างเส้นใยได้ยาก

5.3.2 การทดลองที่ 3.2 ศึกษาอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์กับสารดูดกลืนเอทิลีนในห้องตลาด

จากการนำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในห้องตลาด 2 ชนิด คือ สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone พบว่า สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นสามารถดูดกลืนก๊าซเอทิลีนได้ในอัตราที่รวดเร็วกว่าสารดูดกลืนเอทิลีนในห้องตลาดทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากก๊าซเอทิลีนสามารถซึมผ่านบรรจุภัณฑ์ของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ของสารดูดกลืนเอทิลีนในห้องตลาด เนื่องจากผิวด้านในของบรรจุภัณฑ์สารดูดกลืนเอทิลีนในห้องตลาดมีการเคลือบด้วยฟิล์มพลาสติก (ภาคผนวก จ) จึงทำให้ก๊าซเอทิลีนซึมผ่านบรรจุภัณฑ์และเข้าทำปฏิกิริยากับสารดูดกลืนเอทิลีนที่อยู่ภายในได้ช้ากว่าบรรจุภัณฑ์ของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น

5.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารดูดกลืนเอทิลีนต่ออายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมทอง

จากการทดลองพบว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่ากล้วยที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีน เนื่องจากสารดูดกลืนเอทิลีนช่วยลดการสะสมของก๊าซเอทิลีนในบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกลืนเอทิลีนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนที่กล้วยผลิตขึ้นทำให้เกิดสารใหม่ คือ manganese dioxide และ ethylene glycol ที่ไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นก๊าซเอทิลีนได้อีก (ช.ณิภูศิริ, 2545) ทำให้มีก๊าซเอทิลีนสะสมอยู่ในบรรจุภัณฑ์น้อย ลดการตอบสนองของกล้วยต่อก๊าซเอทิลีน แต่ในกรณีของกล้วยในชุดควบคุมนั้นจะมีก๊าซเอทิลีนสะสมอยู่ในบรรจุภัณฑ์มาก ส่งผลให้กล้วย

ในกรรมวิธีดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเข้าสู่กระบวนการสุกอย่างรวดเร็ว โดยก๊าซเอทิลีนจะกระตุ้นให้กล้วย ซึ่งเป็นผลไม้ประเภท climacteric มีอัตราการหายใจสูงขึ้น (climacteric rise) และเพิ่มขึ้นสูงสุด (climacteric peak) เร็วกว่าปกติ (จริงแท้, 2549) จากรายงานของ João *et al.* (2006) กล่าวว่า อัตราการหายใจของกล้วยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากกล้วยมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นสูงสุด (ethylene peak) 4-5 ชั่วโมง โดยหลังจากที่กล้วยมีการผลิตเอทิลีนลดลงแล้วอัตราการหายใจจะลดลงเล็กน้อยแต่ก็ยังคงสูงอยู่ (ภาพที่ 2.12) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ Kidd และ West (สายชล, 2528) ยังพบว่าก๊าซเอทิลีนที่ผลไม้ได้รับจากภายนอกไม่เพียงแต่กระตุ้นให้มีการหายใจเพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังกระตุ้นให้ผลไม้สร้างก๊าซเอทิลีนขึ้นเองได้ การสร้างเอทิลีนเพื่อตอบสนองต่อก๊าซเอทิลีนที่สะสมอยู่หรือการกระตุ้นตัวเองเช่นนี้เรียกว่า autocatalysis (จริงแท้, 2549) ส่งผลให้กล้วยในกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนเกิดการสุกอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับผลการทดลองที่พบว่ากล้วยในกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจะเกิดการสุกอย่างรวดเร็วหลังจากเริ่มมีผลสุกเกิดขึ้น ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน เนื่องจากสารดูดกลืนเอทิลีนจะเริ่มหมดประสิทธิภาพ ช่วงระยะเวลาดังกล่าว แต่ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้น้อยกว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด แสดงให้เห็นว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพในการใช้งานระยะยาวสั้นกว่า อาจเนื่องจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนและถูกใช้ในปฏิกิริยาหมดก่อนสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษา 9 วัน สารดูดกลืนเอทิลีนดังกล่าวสามารถยืดอายุได้เพิ่มขึ้นประมาณ 6-9 วัน สอดคล้องกับการศึกษาของนูโลม (2532) ที่ใช้ด่างทับทิมเป็นสารดูดกลืนเอทิลีนสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ชนิดต่างๆ พบว่าสามารถยืดอายุการสุกของกล้วยไข่ได้ 3 วัน, กล้วยหอม 8 วัน, กล้วยน้ำว้า 6 วัน และน้อยหน่า 6 วัน เช่นเดียวกับเบญจมาศ (2545) ที่กล่าวว่าการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตใส่ลงในกล่องที่บรรจุกล้วยหอมทองจะช่วยชะลอการสุกได้ โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยกรรมวิธีต่างๆ เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากตามธรรมชาติการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างผลิตผลกับบรรยากาศจะเป็นการเคลื่อนที่แบบแพร่กระจาย คือมีการเคลื่อนที่ของน้ำจากที่ๆ มีความเข้มข้นของน้ำสูงไปสู่ที่ๆ มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งการเคลื่อนที่ของน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างน้ำในผลิตผลและในบรรยากาศ โดยจะเกิดการแลกเปลี่ยนกันจนกระทั่งเกิดภาวะสมดุล คือ เมื่อจำนวนของน้ำในรูปของไอน้ำเคลื่อนที่เข้าและออกในปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งผักและ

ผลไม้สดจะมีความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดสมดุลประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ (คณีย์, 2540; จริงแท้, 2544) ในขณะที่สภาพบรรยากาศที่ทำการเก็บรักษาด้วยหอมทองมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 42.7 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของน้ำในผลิตภัณฑ์และในบรรยากาศขึ้น ดังนั้นน้ำในรูปของไอน้ำจึงเคลื่อนย้ายออกจากเนื้อเยื่อของกล้วยตามช่องเปิดต่างๆ โดยเฉพาะรอยแผลที่เกิดจากการตัดแยกขั้วหรือออกจากเครือของกล้วย (Palmer, 1971) ไปสู่บรรยากาศซึ่งมีปริมาณไอน้ำน้อยกว่าเพื่อที่จะเข้าสู่สภาวะสมดุล นอกจากนี้ในกรณีที่ความชื้นของบรรยากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำหรือมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำก็ยังมีโอกาสสูญเสียจากผลิตภัณฑ์ให้กับบรรยากาศได้ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจให้พลังงานความร้อนออกมาสู่บรรยากาศรอบๆ ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นและทำให้อากาศรับน้ำได้มากขึ้นเช่นกัน (จริงแท้, 2544) ดังนั้นกล้วยที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจึงมีการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำนี้เป็นปัจจัยที่สำคัญของการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ส่วนปัจจัยทางด้านก๊าซเอทิลีนนั้นมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของกล้วยที่ทำการทดลองน้อยมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการทดลองที่พบว่ากล้วยในกรรมวิธีที่ใช้และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารสะสมเพื่อใช้เปลี่ยนเป็นพลังงานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจได้รับการกระตุ้นจากก๊าซเอทิลีนนั้นมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการสูญเสียน้ำ (คณีย์, 2540) เช่นเดียวกับการศึกษาของจันทนา (2544), ทิพวรรณ (2544) และบุณรา (2545) ซึ่งพบว่า การเก็บรักษากล้วยไข่และกล้วยหอมทองโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนในปริมาณต่างๆ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อนและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองตามลำดับ ส่งผลทำให้ค่า L^* , a^* , b^* และ chroma เพิ่มขึ้น และค่า hue angle ลดลง เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์มักมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น โดยเฉพาะในระหว่างการสุกปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกจะมีปริมาณลดลง ซึ่งในผลกล้วยนั้นพบว่าการหายไปของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการสลายตัวของคลอโรพลาสต์เมื่อเข้าสู่ระยะการสุก (คณีย์, 2540) และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองนั้นมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ซึ่งบดบังสีของแคโรทีนอยด์ไว้ ทำให้เมื่อเข้าสู่ระยะการสุกสีของแคโรทีนอยด์ปรากฏเด่นชัดขึ้น โดยที่ปริมาณของแคโรทีนอยด์ก่อนข้างคองที่ (จิรา, 2534; จริงแท้, 2544) จากรายงานและการศึกษาต่างๆ ที่ผ่านมา พบว่า เมื่อผลกล้วยสุก ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกของกล้วยจะลดลงอย่างรวดเร็วจาก 50-100 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักสดเหลือในปริมาณที่น้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ (Stover and Simmonds, 1989; Medlicott *et al.*, 1990; Seymour *et al.*, 1993) ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งของการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดจากการทำงานของ

เอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) ซึ่งพบมากในผลแอปเปิลและกล้วยหอมขณะที่กำลังสุก โดยเอนไซม์ชนิดนี้จะแยกส่วนหัว (porphyrin ring) และส่วนหางที่เป็นโซ่ยาวของไฮโดรคาร์บอน (phytol) ของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ออกจากกัน จากนั้นพันธะคู่ (double bond) ในวงแหวน porphyrin จะถูกทำลายลงโดยอาจเกิดขึ้นจากการถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศ (จริงแท้, 2544) ทำให้สีเขียวในเปลือกของผลิตผลหายไป ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสและเป็นสาเหตุให้ผลกล้วยในกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเร็วกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ได้แก่ ก๊าซเอทิลีน ซึ่งถูกผลิตขึ้นจากตัวของผลิตผลเอง จากรายงานของ Golding *et al.* (1998) กล่าวว่า การหายไปของสีเขียวที่เปลือกกล้วยเป็นผลจากอิทธิพลของการผลิตเอทิลีนขึ้นภายในผลโดยผ่านตัวกลางในระบบ multienzymes ของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส การเพิ่มขึ้นของค่า yellow index จะบ่งบอกถึงค่าของสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้สีเหลืองของแคโรทีนอยด์สามารถปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจน เช่นเดียวกับในรายงานของ Thomas *et al.* (1983) ที่กล่าวว่า ในกล้วยหอมเขียวค่อมเมื่อผลเริ่มแก่จะพบปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ทั้งนี้การลดลงของคลอโรฟิลล์ในช่วงเวลาดังกล่าวมีสาเหตุเนื่องมาจากเอทิลีนซึ่งสะสมภายในผลกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (Stewart and Wheaton, 1972; Young and John, 1972) อย่างไรก็ตามยังมีรายงานที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกในระหว่างการสุกของกล้วยหอม Cavendish ว่าคลอโรฟิลล์ในเปลือกของกล้วยหอมอาจถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่ต้องใช้ออกซิเจนในการทำงาน (chlorophyll oxidase) โดยไม่ต้องผ่านการย่อยเอาส่วน phytol ออกก่อน แต่ก็ยังคงเป็นเพียงข้อมูลที่ศึกษาในหลอดทดลองเท่านั้น (จริงแท้, 2549) ในขณะเดียวกันหากทำการเก็บรักษากล้วยหอมทองโดยใส่สารดูดกลืนเอทิลีนไว้ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วย พบว่า สีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองช้ากว่าชุดควบคุม เนื่องจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกลืนเอทิลีนทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนจนเกิดเป็นสารอื่นที่ไม่สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นก๊าซเอทิลีนได้อีก (คณัย, 2540) และไม่มีฤทธิ์ในการกระตุ้นให้ผลไม้สุกได้ โดยจากผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีการเปลี่ยนสีของเปลือกเป็นสีเหลืองเร็วกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนอย่างรวดเร็ว ทำให้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตถูกใช้ในการทำปฏิกิริยาหมักก่อนสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ส่งผลให้ก๊าซเอทิลีนสามารถเข้าจับกับโมเลกุลของตัวรับ (receptor) กล้วยในกรรมวิธีดังกล่าวจึงแสดงการตอบสนองต่อก๊าซเอทิลีนได้ (จริงแท้, 2544) และสีเปลือกก็พัฒนาเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองได้อย่างรวดเร็ว

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในทุกกรรมวิธี พบว่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเมื่อผลไม้เริ่มแก่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในผนังเซลล์ขึ้น โดยอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์เองหรือการเสื่อมสลายของสารที่เชื่อมติดผนังเซลล์เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะในบริเวณของ middle lamella ทำให้เซลล์ต่างๆ ที่เกาะรวมกันเป็นโครงสร้างของผลผลิต ซึ่งแต่เดิมเกาะติดกันแน่นเปลี่ยนมาเกาะกันอย่างหลวมๆ (สายชล, 2528; Eskin *et al.*, 1971; Mariott, 1980) Prabha and Bhagyalakshmi (1998) กล่าวว่าเมื่อผลกล้วยสุกเนื้อผลจะมีความอ่อนนุ่มลง โดยเมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส พบว่า แรงเฉือน (shear force) จะลดลง 5 เท่า จาก 133 เป็น 27 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ที่เห็นได้ชัดเจนได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในโมเลกุลของเพกติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของ primary cell wall และ middle lamella จากเดิมซึ่งส่วนใหญ่มีคุณสมบัติไม่ค่อยละลายน้ำ กลายเป็นเพกตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันแกนของโมเลกุลเพกตินจะถูกย่อยสลายให้เล็กลง และน้ำตาลกาแลคโตสซึ่งเป็นองค์ประกอบของแขนงเพกตินก็ลดน้อยลงด้วย (จริงแท้, 2549) Subramanyam *et al.* (1976) กล่าวว่าผลผลิตที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น จะมีปริมาณเพกตินน้อยกว่าผลที่มีอายุน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องหลายชนิด เช่น เอนไซม์ polygalacturonase, pectin esterase และ pectate lyase เป็นต้น นอกจากการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของเพกตินแล้ว การอ่อนนุ่มของผลไม้ยังเกิดขึ้นจากการสลายตัวของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์เช่นเดียวกับเพกตินอีกด้วย โดยจากการศึกษาของอังคณา (2545) พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ polygalacturonase และเอนไซม์ cellulase ซึ่งจะไปย่อยสลายสายเพกตินและเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ ในระหว่างที่ผลกล้วยมีการสุก จึงทำให้กล้วยหอมทองมีการอ่อนตัวและมีการลดลงของค่าความแน่นเนื้ออย่างรวดเร็วและเห็นได้อย่างชัดเจนในช่วงที่ผลสุก ส่วนการศึกษาของ Prabha and Bhagyalakshmi (1998) พบว่า เอนไซม์ pectin methyl esterase (หรือ pectin esterase) ในกล้วยเพิ่มสูงขึ้นในช่วง climacteric peak และสูงขึ้นเป็น 6 เท่าในระหว่างการสุก ส่วนเอนไซม์ cellulase และ hemicellulase มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 3 หลังจากเก็บเกี่ยว หลังจากนั้นมีความลดลงเล็กน้อย จากการทดลองกล้วยหอมทองในกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกิ้นเอทิลีนมีอัตราการลดลงของความแน่นเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกิ้นเอทิลีน เนื่องจากกล้วยในกรรมวิธีดังกล่าวมีการผลิตก๊าซเอทิลีนขึ้นในระหว่างเก็บรักษาและถูกสะสมไว้ในบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์จนมีปริมาณมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้สารดูดกิ้นเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมอยู่น้อย เนื่องจากก๊าซเอทิลีนที่ถูกผลิตออกมาถูกดูดกิ้นไปโดยทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกิ้นเอทิลีน ดังนั้นก๊าซเอทิลีนที่ถูกสะสมไว้ของกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกิ้น

เอทิลีนจึงไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ภายใน (Blankenship and Dole, 2003) สอดคล้องกับรายงานของ Pathak *et al.* (2003) ที่สนับสนุนว่าการลดลงอย่างรวดเร็วของความแน่นเนื้อของผลกล้วยมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์เอทิลีนที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Lohani *et al.* (2004) พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ pectin methyl esterase, polygalacturonase, pectate lyase และ cellulase เพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูงมากหลังจากกล้วยได้รับเอทิลีน 100 ไมโครลิตร/ลิตร เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และในขณะเดียวกันความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังได้รับเอทิลีน ซึ่งสัมพันธ์กับการพบกิจกรรม pectin methyl esterase สูงที่สุด ณ ช่วงระยะเวลาดังกล่าว จากการทดลองพบว่าการวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีความแน่นเนื้อในช่วงต้นของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับสารดูดกลืนเอทิลีนชนิดอื่นๆ จนกระทั่งตั้งแต่ระยะเวลา 12 วัน เป็นต้นไป มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากในช่วงต้นของการเก็บรักษาสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นยังสามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนได้ ทำให้มีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมอยู่น้อย เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ส่งผลให้ความแน่นเนื้อ ณ ช่วงระยะเวลาดังกล่าวลดลงเพียงเล็กน้อย แต่หลังจากนั้น โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นถูกใช้ในการทำปฏิกิริยาไปจนหมด แต่กล้วยหอมทองในกรรมวิธีนี้ยังคงมีความสามารถในการผลิตก๊าซเอทิลีนอยู่ ทำให้ก๊าซเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมาใหม่กระตุ้นการสุกของกล้วยหอมทองและยังมีผลทำให้กล้วยมีความแน่นเนื้อลดลงเร็วกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดที่ยังสามารถดูดกลืนเอทิลีนได้เรื่อยๆ ทำให้กิจกรรมต่อเนื่องต่างๆ ที่เกิดจากก๊าซเอทิลีนยังคงเกิดขึ้นน้อย ส่งผลให้ความแน่นเนื้อยังคงคงที่

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยกรรมวิธีต่างๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากผลไม้ที่สะสมอาหารไว้ในรูปของแป้งหรือมีแป้งเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก เช่น ทูเรียน, มะม่วง และกล้วย ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะเปลี่ยนอาหารสะสมในรูปของแป้งไปเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (McGlasson, 1985; Hulme, 1970; จริงแท้, 2549) โดยเฉพาะในกล้วยหอม พบว่า เมื่อสุกแล้วแป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลแทบทั้งหมด (จริงแท้, 2544) ทำให้กล้วยมีรสหวานมากขึ้น จากการศึกษากับมะม่วงพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลสุกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสลายตัวของแป้ง (Vazquez-Salinas and Lakshminarayana, 1985) สอดคล้องกับการศึกษาในกล้วย โดยจากรายงานที่ผ่านมาพบว่าคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุดขณะที่ยังดิบอยู่ คือ แป้ง แต่เมื่อผลกล้วยสุกแป้งจะสลายตัวและพบน้ำตาลในปริมาณที่สูงมากแทน ซึ่งน้ำตาลที่พบมากได้แก่ ซูโครส, กลูโคส และฟรุกโตส (Gane, 1936; Poland *et al.*, 1938;

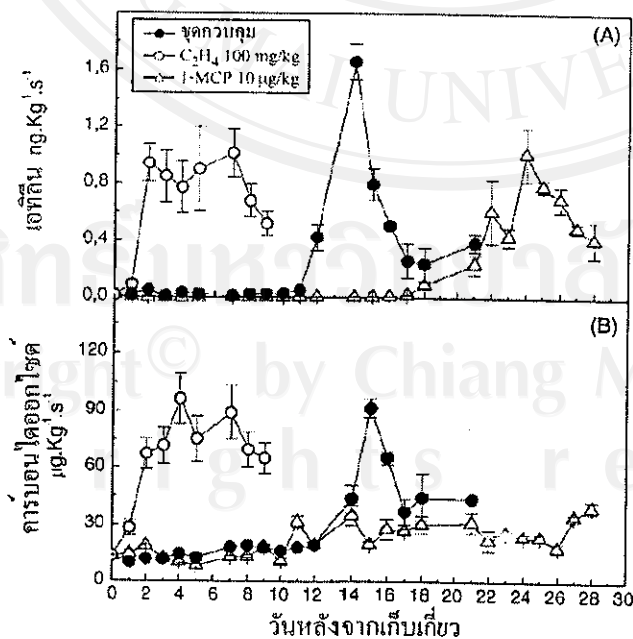
Barnell, 1941a, b) เช่นเดียวกับรายงานของ Simmonds (1966) ที่กล่าวว่า ผลกล้วยดิบมีปริมาณน้ำตาลน้อยมาก โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อผล แต่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 15-20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผลสุก ซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการหายใจที่เพิ่มขึ้นในช่วง climacteric ในขณะที่ปริมาณแป้งจะลดลงจากเดิมประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 1-2 เปอร์เซ็นต์เมื่อผลสุก การเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาลของผลกล้วยหลังจากที่เก็บเกี่ยวมานี้ เกิดขึ้นจากความต้องการใช้พลังงานของผลกล้วยสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นจึงต้องนำอาหารสะสมซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแป้งที่มีโมเลกุลใหญ่มาย่อยสลายให้โมเลกุลเล็กลงเพื่อถ่ายทอดการนำไปใช้เปลี่ยนเป็นพลังงาน โดยแป้งจะถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เพื่อใช้เป็น substrate ในกระบวนการหายใจ ทั้งนี้กิจกรรมดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์หลักที่เกี่ยวข้อง 3 ชนิด คือ α -amylase, β -amylase และ starch phosphorylase ซึ่งเอนไซม์ α -amylase จะย่อยแป้งได้ oligosaccharide, มอลโตส และกลูโคส ส่วน β -amylase และ starch phosphorylase ย่อยได้มอลโตส และ glucose-1-phosphate ตามลำดับ (จริงแท้, 2549) Iyare (1992) ได้ทำการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ phosphorylase, amylase และ invertase ในผลกล้วยกล้วย (*Musa paradisiacal* L.) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 26°C พบว่า เอนไซม์ทั้งสามชนิดมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในเปลือกและเนื้อผล โดยกิจกรรมของเอนไซม์ amylase จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงกว่าเอนไซม์ชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงคาดว่ากระบวนการย่อยสลายแป้งน่าจะเกิดในกระบวนการ hydrolysis มากกว่า phospholysis สอดคล้องกับการศึกษาของ Prabha and Bhagyalakshmi (1998) ที่พบว่าในระหว่างการสุกของผลกล้วยจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลาย carbohydrate (carbohydrate hydrolases) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (soluble sugar) เพิ่มขึ้นจาก 1.8 เปอร์เซ็นต์ เป็น 19 เปอร์เซ็นต์ สัมพันธ์กับปริมาณแป้งที่ลดลง ทั้งนี้จากการทดลองพบว่ากล้วยในทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน เนื่องจากกรรมวิธีดังกล่าวมีก๊าซเอทิลีนสะสมอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์สูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ส่งผลให้กล้วยในกรรมวิธีดังกล่าวมีกิจกรรมทางสรีรวิทยาเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะก๊าซเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้ผลิตผลเกิด climacteric rise และ climacteric peak เร็วขึ้น (दनัย, 2541; จริงแท้, 2544; จริงแท้, 2549) ทำให้อาหารสะสมซึ่งจากเดิมเป็นแป้งจึงถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลอย่างรวดเร็วเพื่อใช้เป็น substrate ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังการทดลองของ Golding *et al.* (1998) ที่ศึกษาการให้โพรไพลีน (propylene) ซึ่งเป็นสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลและคุณสมบัติคล้ายเอทิลีนกับผลกล้วยที่ความเข้มข้น 500 ไมโครลิตร/ลิตร พบว่า โพรไพลีนชักนำให้กล้วยสังเคราะห์เอทิลีน

เพิ่มขึ้น และกระตุ้นให้ climacteric peak เกิดขึ้นภายในระยะเวลา 5 วัน เร็วกว่าชุดควบคุมที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ซึ่งเกิด climacteric peak ขึ้นภายหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเร็วกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากความสามารถในการออกซิไดซ์ของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นลดลงเร็วกว่าทำให้มีการสะสมก๊าซเอทิลีนมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด กลัวยหอมทองที่ทำการเก็บรักษาในกรรมวิธีดังกล่าวจึงถูกเอทิลีนที่สะสมอยู่กระตุ้นกิจกรรมต่างๆ ทำให้เข้าสู่กระบวนการสุกได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ตรวจพบปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากกว่ากลัวยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกลัวยหอมทองที่ทำการเก็บรักษาด้วยกรรมวิธีต่างๆ พบว่ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแตกต่างจากผลไม้ชนิดอื่นที่โดยปกติแล้วเมื่อผลไม้แก่ขึ้นหรือเข้าสู่กระบวนการสุกปริมาณกรดมักจะลดต่ำลง (จริงแท้, 2544) แต่ในกลัวยหอมนั้นกลับพบว่าปริมาณกรดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลสุก สอดคล้องกับรายงานของจริงแท้ (2549) ที่กล่าวว่า เมื่อผลกลัวยสุกมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจาก 4.4 เป็น 10.9 meq/100 g ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสังเคราะห์มาลิกเอนไซม์มากขึ้นในระหว่างการสุก โดยจากการศึกษาในมะเขือเทศเซอร์รี่ พบว่ามีการสะสมของกรดมาลิกและกรดซิตริกในระยะที่ผลมะเขือเทศมีการเจริญเติบโตจากระยะสุดท้ายของการแบ่งเซลล์เพื่อเข้าสู่กระบวนการสุก ซึ่งพบการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ phosphoenolpyruvate carboxylase (Guillet *et al.*, 2002) โดยเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยน phosphoenolpyruvate ไปเป็น oxaloacetate ผ่านเข้าสู่วัฏจักร Krebs หรือเอนไซม์ malate dehydrogenase เปลี่ยน oxaloacetate กลับไปเป็น malate ก่อนผ่านเข้าสู่วัฏจักร Krebs ต่อไป (จริงแท้, 2549) ซึ่งจากการศึกษาในกลัวยหอมนั้นพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ phosphoenolpyruvate carboxylase ยังคงสูงอยู่ในระยะการสุก (Satyan and Patwardhan, 1984) ดังนั้นจึงคาดว่าเอนไซม์ชนิดดังกล่าวน่าจะเกี่ยวข้องกับการสะสมกรดอินทรีย์ในผลไม้ ส่งผลให้กลัวยหอมมีการสะสมกรดมาลิกมากขึ้นเมื่อผลสุก จากการทดลองที่พบว่า กลัวยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงต้นของการเก็บรักษาในขณะที่กลัวยหอมทองในชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีสาเหตุมาจากในช่วงต้นของการทดลองสารดูดกลืนเอทิลีนสามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนที่กลัวยผลิตขึ้นก่อนที่ก๊าซเอทิลีนจะเข้าจับกับตัวรับ (receptor) ในเนื้อเยื่อของผลผลิต ส่งผลให้กลัวยหอมทองในกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ทำให้กลัวยในกรรมวิธีดังกล่าวแสดงการตอบสนองต่อก๊าซเอทิลีนช้ากว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน

แต่ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาด้วยหอมทองเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลิ่นเอทิลีนที่ผลิตขึ้นเริ่มมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลิ่นเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารดูดกลิ่นเอทิลีนที่ผลิตขึ้นทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนและถูกออกซิไดซ์หมดก่อนสารดูดกลิ่นเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ทำให้ปริมาณก๊าซเอทิลีนที่สะสมอยู่ในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอทิลีนในระบบที่ 2 ซึ่งเป็นการสร้างเอทิลีนเพื่อตอบสนองต่อเอทิลีนที่สะสมอยู่หรือเป็นการกระตุ้นตัวเองที่เรียกว่า autocatalysis ขึ้น (จริงแท้, 2549) กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยกรรมวิธีดังกล่าวจึงเข้าสู่กระบวนการสุกและเกิดการสะสมกรดมาลิกเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการใช้สารดูดกลิ่นเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด

นอกจากนี้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ ของผลกล้วยที่ทำกรทดลองดังที่กล่าวมาข้างต้นยังพบว่า กล้วยที่ทำกรเก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลิ่นเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ อย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ João *et al.* (2006) พบว่า เป็นช่วงเวลาเดียวกับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาณเอทิลีนที่กล้วยผลิตขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 5.1a (ชุดควบคุม) โดยจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นสูงสุด (ethylene peak) ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา และในขณะเดียวกันกล้วยจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นจนเกิด climacteric peak (ภาพที่ 5.1b) ส่งผลให้กล้วยเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ และเข้าสู่ระยะการสุกอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 5.1 การผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจของกล้วยพันธุ์ Nanicão (João *et al.*, 2006)