Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 54-57 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 54-57 (2549)

การศึกษาเบื้องต้นของการผลิตสารดูดซับเอทิลีน

Preliminary Study of Ethylene Absorber Production

วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์[1] พรชัย ราชตนะพันธุ์[2] และ พิชญา บุญประสม[3]

Wutthirat Phatnibool[1], Pornchai Rachtanapun[2] and Pichaya Boonprasom[3]

Abstract

The aim of this work was to investigate the process for production of ethylene absorber using marl and potassium permanganate ($KMnO_4$). The ratio of marl and water (w/w) resulted in the highest viscosity was 2 : 1 which appropriate ratio for ethylene absorber production. Marl solution was then mixed with 1%, 3%, 5%, and 7% (w/w) of $KMnO_4$–H_2O solution. The mixtures were subsequently dried at 150, 175, and 200°C using vacuum dryer and hot air oven. The drying time of the mixtures decreased as the drying temperature increased. The samples dried in the hot air oven had shorter drying time compared to the vacuum dryer. The results showed that the ethylene absorber with 3% $KMnO_4$ solution had an absorption rate closed to the commercial one. There was no interaction effect between dryer type and 3% $KMnO_4$ concentration ($p<0.05$). Ethylene absorber samples dried using vacuum dryer had better absorption rates than those using hot air oven.

Keyword : Ethylene, Marl, Potassium Permanganate

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตสารดูดซับเอทิลีนโดยใช้ดินสอพองและโพแทสเซียมเปอร์แมงการ์เนต ($KMnO_4$) เป็นส่วนประกอบหลัก โดยจากการศึกษา พบว่า ที่อัตราส่วนน้ำหนักดินสอพองต่อน้ำที่ 2 : 1 ให้ของผสมที่มีความหนืดสูงที่สุด ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปผลิตสารดูดซับเอทิลีน จากนั้นนำดินสอพองผสมกับสารละลาย $KMnO_4$ ที่ความเข้มข้น 1% 3% 5% และ 7% (w/w) แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 150 175 และ 200 °C พบว่า การอบที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการอบลดลง โดยตัวอย่างที่อบด้วยตู้อบลมร้อนจะใช้ระยะเวลาการอบสั้นกว่าเครื่องอบแบบสุญญากาศ เมื่อนำตัวอย่างสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบการดูดซับเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนในท้องตลาด พบว่า สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ 3% $KMnO_4$ มีอัตราการดูดซับเอทิลีนใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนในท้องตลาด และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของตู้อบและความเข้มข้นของ $KMnO_4$ ที่ 3% ($p<0.05$) ต่ออัตราการดูดซับเอทิลีน นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างสารดูดซับเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศมีอัตราการดูดซับเอทิลีนดีกว่าตัวอย่างที่อบด้วยตู้อบลมร้อน

คำสำคัญ เอทิลีน ดินสอพอง ด่างทับทิม

บทนำ

แก๊สเอทิลีนมีคุณสมบัติเร่งอัตราการเสื่อมสภาพและการสุกของผลไม้ (ดนัย, 2540) แม้ว่าในบรรยากาศรอบๆ จะมีแก๊สเอทิลีนเพียง 0.1 ppm ก็อาจกระตุ้นให้ผลไม้เกิดการสุกได้ (จริงแท้, 2540) ทำให้การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวทำได้ยาก โดยเฉพาะในระหว่างการขนส่งมักเกิดความเสียหายขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นตามกฎหมายกักกันพืชของแต่ละประเทศจะไม่อนุญาตให้ผลไม้ที่สุกแล้วเข้าภายในประเทศ ทำให้เกิดความสูญเสียขึ้น การใช้สารดูดซับเอทิลีนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตมาจำหน่ายในทางการค้าเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากมีราคาแพงและผลิตจากวัสดุที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นการศึกษาวัสดุที่เหมาะสม มีราคาถูก และสามารถหาได้ในประเทศ เพื่อนำมาทดแทนวัสดุที่ต้องนำเข้า ตลอดจนวิธีการผลิตที่เหมาะสม จึงมีความจำเป็นต่อการลดต้นทุนการผลิตสารดูดซับเอทิลีนให้ต่ำลง

[1] สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1] Postharvest Technology Institute, Chiangmai University

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University

[3] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3] Department of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry Chiangmai University

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาอัตราส่วนผสมดินสอพองและน้ำต่อค่าความหนืด

ศึกษาอัตราส่วนผสมของดินสอพอง : น้ำ (โดยน้ำหนัก) ที่ 1 : 1 1 : 2 1 : 3 2 : 1 2 : 3 และ 3 : 2 โดยใช้ดินสอพองในปริมาณคงที่ คือ 500 กรัม ละลายในน้ำตามอัตราส่วนต่างๆ ข้างต้น ใช้ magnetic stirrer คนเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำการวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง rapid viscosity analyzer โดยตั้งค่าการคนสารเริ่มต้นที่ 960 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเริ่มต้นการวิเคราะห์ความหนืดที่ 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ณ อุณหภูมิคงที่ 30°C

2. กรรมวิธีการอบและการทดสอบการดูดซับแก๊สเอทิลีน

ผสมสารละลาย $KMnO_4$ 1 3 5 และ 7% กับดินสอพองตามอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ magnetic stirrer คนเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน และเครื่องอบแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 150 175 และ 200°C จนมีความชื้นลดเหลือ 0.6 – 1.0%(wet basis) จึงหยุดทำการอบ แล้วบันทึกเวลาไว้ จากนั้นบดตัวอย่างแล้วบรรจุลงในภาชนะที่ทราบปริมาตรที่แน่นอนแล้ว ปิดขวดด้วยจุกยาง แล้วฉีดแก๊สเอทิลีนเข้าไปให้ภายในภาชนะมีความเข้มข้น 800 ppm ดูดตัวอย่างมาวัดปริมาณแก๊สเอทิลีนที่เหลืออยู่ด้วยเครื่อง gas chromatograph ทุกๆ 1 นาที ใน 10 นาทีแรก ทุกๆ 5 นาที ใน 10 นาทีต่อมา และหลังจากนั้นวัดทุกๆ 10 นาทีจนครบ 100 นาที วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนในท้องตลาด (BeFresh)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลของอัตราส่วนผสมดินสอพองและน้ำต่อค่าความหนืด

จากการทดลองพบว่า ของผสมระหว่าง ดินสอพอง : น้ำ ที่อัตราส่วนน้ำหนัก 2 : 1 มีค่าเฉลี่ยความหนืดสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วนอื่นๆ (Table 1) แสดงว่าที่อัตราส่วนน้ำหนัก 2 : 1 มีปริมาณสัดส่วนของน้ำน้อยกว่าอัตราส่วนอื่นๆ ดังนั้นปริมาณน้ำที่ต้องกำจัดออกจากตัวอย่างจึงน้อยที่สุดเหมาะแก่การอบแห้ง ซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของดินสอพองเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของของผสมก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อของไหลเกิดการไหล โมเลกุลของของไหลจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ในทิศทางเดียวกันในแต่ละระนาบ ทำให้มีความเร็วที่แตกต่างกัน โดยโมเลกุลที่อยู่ติดกับระนาบดังกล่าวจะแสดงการต้านทานต่อแรงที่กระทำให้โมเลกุลในระนาบเคลื่อนที่เร็วกว่าโมเลกุลอื่นๆ (Toledo, 1999) ดังนั้นเมื่อของผสมมีโมเลกุลของดินสอพองเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่มมากขึ้นในระหว่างที่ของผสมเคลื่อนที่ ซึ่งเกิดจากแรงต้านทานภายในระหว่างโมเลกุลของของผสม ทำให้ของผสมมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น

Table 1 The mixture viscosity of marl and water at different mixture ratio.

Marl : Water	Viscosity (cP)
1 : 1	54.40[b]
1 : 2	29.54[c]
1 : 3	27.61[c]
2 : 1	107.88[a]
2 : 3	31.56[c]
3 : 2	59.69[b]

2. ผลของชนิดตู้อบ อุณหภูมิ และความเข้มข้นของ $KMnO_4$ ต่อระยะเวลาในการอบ

การอบตัวอย่างสารดูดซับเอทิลีนด้วยตู้อบลมร้อน และเครื่องอบแบบสุญญากาศใช้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1) โดยตู้อบลมร้อนใช้เวลาน้อยกว่าเครื่องอบแบบสุญญากาศ ซึ่งมีเวลาในการอบเฉลี่ยเท่ากับ 63.00 และ 115.47 นาที ตามลำดับ เนื่องจากวิธีการอบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศเป็นระบบปิด น้ำจากตัวอย่างระเหยจนถึงระดับหนึ่งที่เกิดสภาวะสมดุล โดยไอน้ำเคลื่อนที่เข้าและออกในปริมาณที่เท่ากัน (ดนัย, 2540) บรรยากาศในตู้อบ

จะอิ่มตัวด้วยไอน้ำ หากทำการอบตัวอย่างที่มีน้ำมากจะทำให้การกำจัดน้ำออกจากระบบเป็นไปได้ช้า ซึ่งแตกต่างจากตู้อบลมร้อนที่มีการหมุนเวียนอากาศภายในตู้อบอยู่ตลอดเวลา

นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการอบจะเป็นส่วนกลับของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะใช้เวลาในการอบลดลง ซึ่งที่อุณหภูมิ 150 175 และ 200°C จะใช้เวลาในการอบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 109.58 84.13 และ 74.00 นาที ตามลำดับ โดยสามารถอธิบายได้จากแผนภูมิ Psychometric ซึ่งจะเห็นได้ว่าความดันไอน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นความดันไอน้ำในอากาศหรือ absolute humidity ของอากาศอิ่มตัวจะแปรตามอุณหภูมิ หมายความว่าที่อุณหภูมิสูงอากาศสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ดนัย, 2540) ดังนั้นจึงทำให้การอบที่อุณหภูมิ 200°C ใช้ระยะเวลาในการอบสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 175 และ 150°C ตามลำดับ ส่วนปัจจัยด้านความเข้มข้นของ $KMnO_4$ นั้นพบว่ามีอิทธิพลต่อเวลาในการอบตัวอย่างน้อยกว่าปัจจัยอื่นๆ (Figure 1)

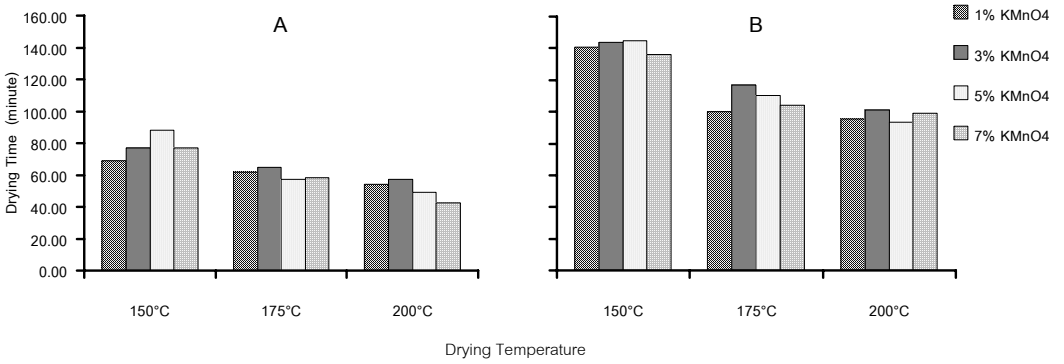

Figure 1 Drying time of the ethylene absorber using hot air oven (A) and Vacuum Dryer (B) at different concentration of potassium permanganate.

3. ผลของความเข้มข้นของ $KMnO_4$ ต่ออัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีน

จากการทดสอบการดูดซับแก๊สเอทิลีน พบว่าแก๊สเอทิลีนจะถูกดูดซับจนมีความเข้มข้นลดลงเรื่อยๆ ในลักษณะ exponential โดยสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ 3% $KMnO_4$ มีอัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีนเฉลี่ยใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดโดยไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของแก๊สเอทิลีนที่เหลืออยู่ในแต่ละนาทีน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นอื่นๆ (Figure 2) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากที่ระดับความเข้มข้น 3% $KMnO_4$ เป็นความเข้มข้นที่สัมพันธ์กับพื้นที่ผิวสัมผัสของเม็ดดินสอพอง โดยโมเลกุลของ $KMnO_4$ จะสามารถเกาะกับผิวของเม็ดดินสอพองได้อย่างพอดี ในขณะที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น คือ 5 และ 7% อาจเป็นความเข้มข้นที่มากเกินไป จึงเหลือโมเลกุลของ $KMnO_4$ บางส่วนที่ตกผลึกและไม่สามารถเกาะกับผิวของเม็ดดินสอพองได้ ทำให้อัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีนไม่เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ $KMnO_4$ ยิ่งไปกว่านั้นโมเลกุลของ $KMnO_4$ ที่เหลือยังไปลดพื้นที่ผิวสัมผัสและความเป็นรูพรุนของสารดูดซับเอทิลีนอีกด้วย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1% เป็นระดับที่มีปริมาณ $KMnO_4$ น้อยเกินไป โมเลกุลของ $KMnO_4$ ทั้งหมดไม่สามารถเกาะกับผิวของเม็ด ดินสอพองได้อย่างทั่วถึง ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สเอทิลีนลดลงเร็วกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ

4. ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีน

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบทั้ง 3 ระดับ คือ 150 175 และ 200°C ไม่มีผลต่ออัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีน (Figure 2) เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ไม่สามารถทำให้คุณสมบัติของสารดูดซับเอทิลีนเกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยปกติ $KMnO_4$ จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและสลายตัวที่อุณหภูมิ 240°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้อบตัวอย่าง ทำให้ไม่กระทบต่อการทำปฏิกิริยาของ $KMnO_4$ นอกจากนั้นจุดหลอมเหลวของ $CaCO_3$ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของดินสอพองที่ทำหน้าที่เป็นสารตัวพานั้นเป็นอุณหภูมิที่สูงมากถึง 825°C ทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของดินสอพองเกิดขึ้นน้อยมาก คุณสมบัติของสารตัวพาจึงไม่เปลี่ยนแปลง แต่เนื่องจากการอบด้วยตู้อบลมร้อนจะทำให้ตัวอย่างแห้งไม่สม่ำเสมอกัน การอบที่อุณหภูมิสูงจะไหม้ง่าย ทำให้ต้องกลับตัวอย่างบ่อยครั้ง ซึ่งที่อุณหภูมิ 175 และ 200°C จะสูญเสียความร้อนในระหว่างการกลับตัวอย่างมากกว่าที่อุณหภูมิ 150°C ดังนั้นการอบที่อุณหภูมิ 150°C จึงเหมาะสมต่อการอบตัวอย่างมากที่สุด

5. ผลของชนิดตู้อบต่ออัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีน

สารดูดซับเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน และเครื่องอบแบบสุญญากาศมีอัตราการดูดซับแก๊สเอทิลีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสารดูดซับเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศสามารถดูดซับแก๊สเอทิลีนได้ดีกว่าที่อบด้วยตู้อบลมร้อน (Figure 2) เนื่องจากการอบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศเป็นการกำจัดน้ำออกจากตัวอย่างภายใต้สภาวะที่มีความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (สัมพันธ์, 2545) ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวจะทำให้มีปริมาณออกซิเจนลดลง ส่งผลให้ $KMnO_4$ ในตัวอย่างสัมผัสกับออกซิเจนลดลง จึงถูก oxidize ไปน้อยกว่าการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่มีการหมุนเวียนอากาศอยู่ตลอดเวลา

แต่เนื่องจากการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดตู้อบและความเข้มข้นของ $KMnO_4$ พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ 3% $KMnO_4$ และอบด้วยตู้อบทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ตู้อบชนิดใดก็ได้ แต่การอบด้วยระบบสุญญากาศเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เนื่องจากจะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น

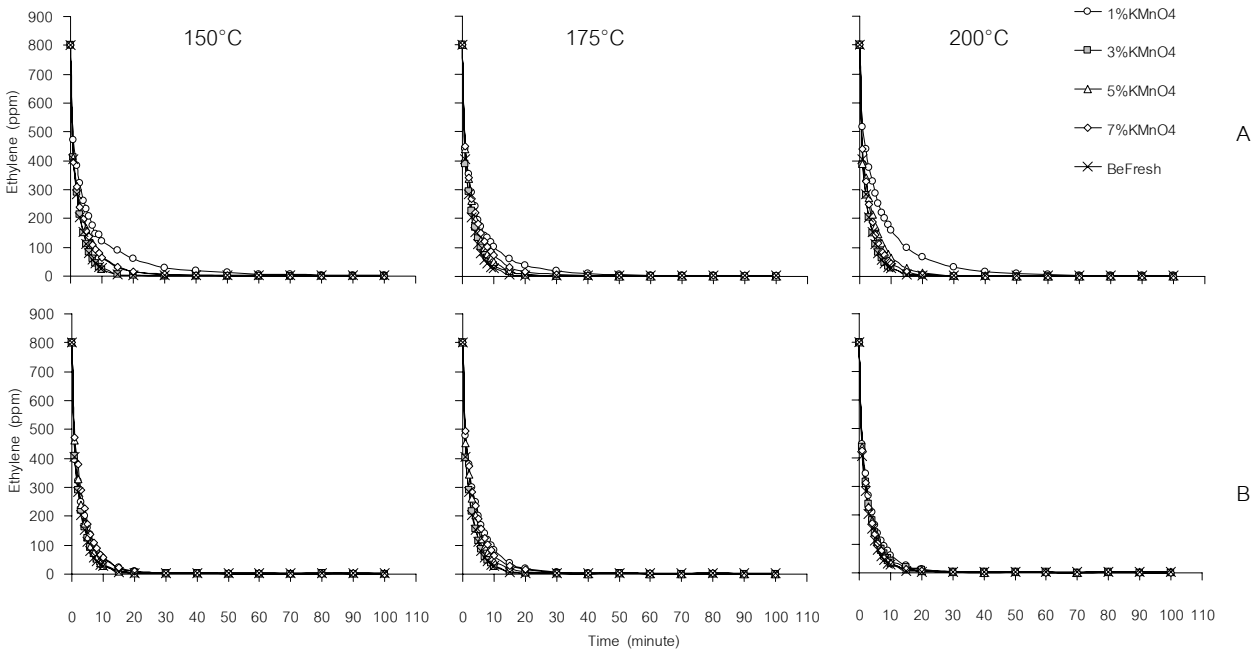

Figure 2 Ethylene absorption rates of the ethylene absorber dried using hot air oven (A) and vacuum dryer (B) at different concentration of potassium permanganate.

สรุป

สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นโดยใช้ดินสอพองผสมกับสารละลาย $KMnO_4$ ความเข้มข้น 3% ด้วยอัตราส่วนน้ำหนักที่ 2 : 1 และอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด (BeFresh)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (เครือข่ายภาคเหนือ) สำหรับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 222 หน้า.

สัมพันธ์ ไชยเทพ. 2545. รายงานการวิจัยเรื่อง การออกแบบและประเมินสมรรถนะระบบอบแห้งสุญญากาศแบบหัวฉีดน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Toledo, R.T. 1999. Fundamentals of food process engineering. Aspen Publishers, Inc. USA. 602p.