Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 170-176 (2002) **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 170-176 (2545)**

การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เอลิลไอโซไธโอไซยาเนท
Control of Postharvest Diseases in Strawberry Fruit Using Allyl Isothiocyanate

เอกชัย เขื่อนมณี[1] อุราภรณ์ สอาดสุด[2] กอบเกียรติ์ แสงนิล[2]
กานดา หวังชัย[2] และ จำนงค์ อุทัยบุตร[2]
Aekachai Kheuenmanee[1], Uraporn Sardsud[2], Kobkiat Saengnil[2],
Kanda Wangchai[2] and Jamnong Uthaibutra[2]

Abstract

The effects of allyl isothiocyanate from mustard essential oil on the postharvest pathogens and decay of strawberry No.70 (cv. Tonoyoka) fruits were studied by fumigating the mycelium of *Rhizopus* sp., *Botrytis* sp. and *Pestalotiopsis* sp. on malt extract agar at room temperature (28 °C and 87%RH) with different concentrations of allyl isothiocyanate (0.01, 0.03 and 0.05 ml/l of air) and fumigation periods (3, 6, 9, 12 and 24 hours). The result showed that allyl isothiocyanate of 0.01 ml/l delayed mycelial growth of these 3 fungi, while 0.03 and 0.05 ml/l air concentrations of all fumigation periods inhibited mycelial growth. Fumigation by using 0.01 ml/l air concentration at 6, 9, 12 and 24 hours and 0.03 and 0.05 ml/l inhibited spore germination of 3 fungi, while the treatment of 0.01 ml/l at 3 hours only delayed spore germination.

Fumigated strawberry fruits with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l at 6, 9, 12 and 24 hours delayed fruit delay when kept at 5 °C and 10 °C without any effect on the quality of strawberry fruits and extended shelf life to 10 days, while fumigating with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l for 3 hours and without fumigation had only 6 days shelf life. Fumigation by using allyl isothiocyanate 0.03 and 0.05 ml/l caused the strawberry fruits off-flavor. Fumigating strawberry fruits at room temperature with allyl isothiocyanate had no effect on control fruit decay.

Keywords: strawberry, allyl isothiocyanate, mustard essential oil, *Rhizopus* sp. , *Botrytis* sp.

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทซึ่งเป็นสารประกอบในน้ำมันมัสตาร์ด (mustard essential oil) ต่อเชื้อสาเหตุและการเน่าเสียของผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทานเบอร์ 70 (พันธุ์ Toyonoka) หลังการเก็บเกี่ยว โดยใช้เอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ รมเส้นใยของเส้นใยของเชื้อรา *Rhizopus* sp., *Botrytis* sp. และ *Pestalotiopsis* sp. บนอาหาร malt extract agar ที่อุณหภูมิห้อง (28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 87 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 3 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้เอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทุกระยะเวลามีผลในการชะลอการเจริญของเส้นใยของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ส่วนที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทุกระยะเวลามีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา สำหรับการใช้เอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ รมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีผลในการชะลอการงอกของสปอร์ของเชื้อทั้ง 3 ชนิด ในขณะที่การใช้เอลิลไอโซไธโอไซยาเนทความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ในการรม 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทุกระยะเวลาที่ใช้รมมีผลยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา

การรมผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เป็นระยะเวลา 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง สามารถชะลอการเน่าเสียของผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ. และ 10 °ซ. ได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลและมีอายุการเก็บรักษา 10 วัน ในขณะที่ผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกันแต่ไม่ได้ทำการรมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนท และชุดที่ทำการรมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ส่วนการรมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลทำให้ผลสตรอเบอร์รี่มีรสชาติและกลิ่นผิดปกติ สำหรับการรมผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องพบว่าไม่มีผลในการชะลอการเน่าเสียของผลสตรอเบอร์รี่

[1] สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 / Postharvest Technology Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[2] ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 / Department of Biology, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

สตรอเบอร์รี่จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยเนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสชาติอร่อยและเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป ผลสตรอเบอร์รี่เน่าเสียและชอกช้ำได้ง่ายภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่เกิน 3 วัน (สุรพงษ์, 2526) แต่ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 29 °ซ. ผลสตรอเบอร์รี่จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้เพียง 1 วันเท่านั้น (ชูพงษ์, 2530) และเก็บรักษาได้ 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 0 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 90-98 เปอร์เซ็นต์ (ประสาทพร และดนัย, 2543) ปัญหาในการผลิตสตรอเบอร์รี่ของประเทศไทยเท่าที่พบและเป็นปัญหามากที่สุด คือความชอกช้ำระหว่างการขนส่งและการเข้าทำลายของเชื้อโรค (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2543) สาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลสตรอเบอร์รี่เกิดการเน่าเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus* sp. (Barkai-Golan, 1981; Mass, 1981)

ในปัจจุบันมีแนวโน้มในการใช้สารสกัดจากธรรมชาติทดแทนการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น เนื่องจากการเล็งเห็นถึงผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เอลิลไอโซไธโอไซยาเนทเป็นสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันมัสตาร์ด (mustard essential oil) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด (Tsuboi and Iwamura, 1984) การใช้ในสภาวะที่เป็นก๊าซในการรมผลิตผลหลายชนิดพบว่า สามารถชะลอการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้หลายชนิด (Goi *et al.*,1985) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงนำเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทมาใช้ในการชะลอการเน่าเสียของผลสตรอเบอร์รี่หลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทานเบอร์ 70 (พันธุ์ Toyonoka) จากมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์สีแดงของผล 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทใช้ชนิดที่สกัดจากน้ำมันมัสตาร์ด (mustard essential oil) ความเข้มข้น 97 เปอร์เซ็นต์ จากบริษัท ลานนาโปรดักส์ จำกัด จังหวัดลำพูน งานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาในการรมของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทต่อเชื้อสาเหตุที่แยกได้จากผลสตรอเบอร์รี่ที่เน่าเสีย และตอนที่ 2 ศึกษาผลของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทร่วมกับอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่

ตอนที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาในการรมของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนท ต่อเชื้อสาเหตุหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่

ทำการแยกเชื้อจากผลสตรอเบอร์รี่ที่เกิดอาการของโรคแล้วนำมาเพาะเลี้ยงบนจานอาหาร malt extract agar จากนั้นจึงทำการวินิจฉัยชนิดของเชื้อรา นำเชื้อราแต่ละชนิดทำการทดสอบกับเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทโดยนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อบรรจุลงในกล่องพลาสติกแล้วทำการรมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทด้วยการใช้กระบอกฉีดยาฉีดสารลงไปในสำลีที่วางอยู่ในกล่องพลาสติก จากนั้นจึงหุ้มกล่องพลาสติกด้วยแผ่นพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) กำหนดให้หนึ่งจานเพาะเลี้ยงคือหนึ่งซ้ำ แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ทำการตรวจวัดข้อมูล ดังต่อไปนี้

1.1. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราในจานอาหารเพาะเลี้ยง

1.2. การงอกของสปอร์ เตรียมสารละลายแขวนลอยสปอร์แล้วทำการตรวจนับสปอร์ของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้ counting chamber slide ตรวจสอบการงอกของสปอร์โดยพิจารณาความยาวของ germ tube โดยกำหนดความยาวของ germ tube ที่วัดได้ ถ้ายาวกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสปอร์จึงถือว่าสปอร์งอก

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทร่วมกับอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่

นำผลสตรอเบอร์รี่บรรจุลงในถาดพลาสติกจำนวนถาดละ 10 ผล แล้วนำไปบรรจุรวมกันในกล่องไม้ จากนั้นจึงรมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนท ปิดฝากล่อง ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมโดยรมด้วยความเข้มข้น 0.01 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เป็นระยะเวลา 3 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 °ซ. และอุณหภูมิห้อง (28 °ซ.) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 1 ถาด ทำการตรวจวัดผลวันเว้นวันในชุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ. และ 10 °ซ. และทุกวันในชุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องดังต่อไปนี้

1. ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของผลสตรอเบอร์รี่ ทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี (Hunter's Colorimeter model CR-200 ของ Minolta) บริเวณกึ่งกลางของผล ค่าที่ได้แสดงเป็นค่า L*, a* และ b*

2. เปอร์เซ็นต์สีแดงของผล ประมาณส่วนของผิวผลที่เป็นสีแดงออกเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้ประสาทสัมผัสทางสายตา

3. เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค โดยการนับจำนวนผลที่แสดงอาการของโรคและเน่าเสียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค} = \frac{\text{จำนวนผลที่เน่าเสีย}}{\text{จำนวนผลทั้งหมด}} \times 100$$

4. ความแน่นเนื้อ (firmness) วัดด้วย firmness tester (Metex Hunter Spring model LKG-10 kg/α) โดยทำการวัดผลละ 1 ตำแหน่งตรงบริเวณกึ่งกลางของผล โดยใช้หัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร

5. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids, TSS) โดยใช้น้ำคั้นสตรอเบอร์รี่วัดด้วย hand refractometer

6. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity, TA) โดยใช้น้ำคั้นสตรอเบอร์รี่จำนวน 3 ผล กรองผ่านผ้าขาวบาง จำนวน 25 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 N วัดด้วย digital burette แล้วจึงทำการคำนวณหาปริมาณปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

7. การประเมินความสดของกลีบเลี้ยงวัดจากความเต่งและสีเขียวโดยใช้ดัชนีจาก 1-5 ดังนี้ (ดัดแปลงจากดนัย, 2544) 1 = น้ำตาลและเหี่ยว 2 = เหลืองและเหี่ยว 3 = เขียวอมเหลืองและเหี่ยว 4 = เขียวและเริ่มเหี่ยว และ 5 = เขียวและสด

8. การประเมินด้านรสชาติ โดยใช้ผู้ชิมเป็นแบบ pannel test จำนวน 5 คน แล้วให้ระดับคะแนน ดังนี้

8.1 ระดับคะแนนด้านกลิ่น 1 = ไม่มีกลิ่น 2 = กลิ่นหอมน้อย 3 = กลิ่นหอมปานกลาง และ 4 = กลิ่นหอมมาก

8.2 ระดับคะแนนด้านรสชาติ 1 = รสเปรี้ยว 2 = รสเปรี้ยวอมหวาน 3 = รสหวานอมเปรี้ยว และ 4 = รสหวาน

9. การยอมรับในการบริโภค โดยใช้ผู้ชิมเป็นแบบ pannel test จำนวน 5 คน แล้วให้ระดับคะแนน ดังนี้ 1 = ไม่ชอบ 2 = ไม่ค่อยชอบ 3 = เฉยๆ 4 = ชอบ และ 5 = ชอบมาก

10. อายุการเก็บรักษา เมื่อผลสตรอเบอร์รี่ผลแรกเริ่มเกิดอาการของโรคหรือเน่าเสียถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

ผลและวิจารณ์

ตอนที่ 1 การแยกเชื้อจากผลสตรอเบอร์รี่ที่ปรากฏอาการของโรคหรือเน่าเสียตรวจพบเชื้อรา 3 ชนิด คือ *Botrytis* sp., *Rhizopus* sp. และ *Pestalotiopsis* sp.

1.1. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา

การรมเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทุกระยะเวลามีผลในการชะลอการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ในขณะที่การรมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีที่วัดได้ไม่มีความยาวเพิ่มขึ้น

1.2. การงอกของสปอร์

ชุดการทดลองที่รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ และ 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เป็นเวลา 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง ไม่พบการงอกของสปอร์แต่การรมที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ตรวจพบการงอกของสปอร์ของ *Botrytis sp.* และ *Pestalotiopsis sp.* ที่ 18 ชั่วโมง และ *Rhizopus sp.* 9 ชั่วโมง ภายหลังการรมสาร

ตอนที่ 2 2.1 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลสตรอเบอร์รี่

สีผิวของผลสตรอเบอร์รี่ในทุกชุดการทดลองมีค่า L*, a* และ b* ไม่แตกต่างกันโดยค่า L* และ b* มีค่าลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษา ในขณะที่ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา (ภาพที่ 1) ค่า a* ของทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา แสดงว่าผลสตรอเบอร์รี่มีสีแดงใกล้เคียงกันและมีสีแดงเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา การรมผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลสตรอเบอร์รี่

2.2 เปอร์เซ็นต์สีแดงของผล

ผลสตรอเบอร์รี่ในทุกชุดการทดลองมีเปอร์เซ็นต์สีแดงไม่แตกต่างกันและมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา

2.3 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

ผลสตรอเบอร์รี่ในทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเริ่มปรากฏอาการของโรคในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา สำหรับชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. และ 10°ซ. ชุดการทดลองที่ไม่ได้รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนท และชุดที่รมด้วยความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เริ่มปรากฏอาการของโรคในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดการทดลองที่รมสารเป็นระยะเวลา 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง อาการของโรคเริ่มปรากฏในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 2) การรมเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทให้แก่ผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไม่สามารถชะลอการเน่าเสียได้ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่าระดับที่เหมาะสมเป็นการเร่งกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพของผลสตรอเบอร์รี่ เพราะอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (จริงแท้, 2538) การใช้สารยับยั้งเชื้อรา (fungicides) จะใช้ได้ผลหรือไม่หรือมีประสิทธิภาพดีขึ้นก็ต่อเมื่อผลิตผลถูกเก็บรักษาในสภาพที่ปัจจัยต่างๆ เหมาะสม การใช้สารยับยั้งเชื้อราอาจจะไม่ได้ผลเมื่อผลิตผลถูกเก็บรักษาไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม (Fernandéz-Trujillo *et al*., 1999)

2.4 ความแน่นเนื้อ

ทุกชุดการทดลองมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันและค่าความแน่นเนื้อจะลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษา (ภาพที่ 3) ความแน่นเนื้อจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ในชั้น middle lamella ระหว่างเซลล์จากรูปที่ไม่ละลายน้ำ (protopectin) ไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ (soluble pectin) ทำให้ผนังเซลล์ยึดติดกันอย่างหลวมๆ (Eskin *et al*., 1971) การเน่าเสียของผลสตรอเบอร์รี่ที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลง การที่ค่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอร์รี่ลดลงเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อชนิดอื่น เช่น *Rhizopus* sp. หลังจากการเข้าทำลายของเชื้อ *Botrytis cinerea* (Ellis, 1998)

2.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

การรมผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยทุกวิธีการทดลองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันและมีค่าลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษา (ภาพที่ 4) ซึ่งสัมพันธ์กับรายงานของ Forney and Breen (1986) ว่าสตรอเบอร์รี่จะเริ่มสร้างน้ำตาลได้ตั้งแต่ผลอายุ 10 วัน และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลจะเริ่มลดลงเมื่อผลเริ่มเข้าสู่ระยะสีแดงสุก สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ในผลได้มาจากการเคลื่อนย้ายจากใบเข้ามาสะสมในผลขณะผลมีการเจริญเติบโต ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลเหมือนกับผลไม้ประเภท climacteric (สายชล, 2528) น้ำตาลที่สะสมไว้จึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลง

2.6 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

ทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างชุดการทดลอง (ภาพที่ 5) โดยทั่วไปแล้วปริมาณของกรดในผลไม้จะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดระหว่างการเจริญเติบโตและพัฒนาขณะอยู่บนต้น เนื่องจากกระบวนการของ Kreb's cycle ที่เกิดขึ้นในเซลล์ของพืชชั้นสูง กรดอินทรีย์ที่พบในผลสตรอเบอร์รี่ส่วนใหญ่ คือ กรดซิตริก (สังคม, 2532) ปริมาณของกรดทั้งหมดจะลดลงระหว่างช่วงเวลาของการสุก (สายชล, 2528)

2.7 ระดับคะแนนความสดของกลีบเลี้ยง

ทุกชุดการทดลองมีระดับคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงไม่แตกต่างกัน โดยระดับคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษา

2.8 การประเมินด้านรสชาติ

2.8.1 ระดับคะแนนด้านกลิ่น

การรมผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของผลสตรอเบอร์รี่ โดยทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีระดับคะแนนด้านกลิ่นเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา ในขณะที่ทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ. และ 10 °ซ. มีระดับคะแนนด้านกลิ่นลดลง แต่การรมด้วยความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทำให้ผลสตรอเบอร์รี่มีกลิ่นผิดปกติ

2.8.2 ระดับคะแนนด้านรสชาติ

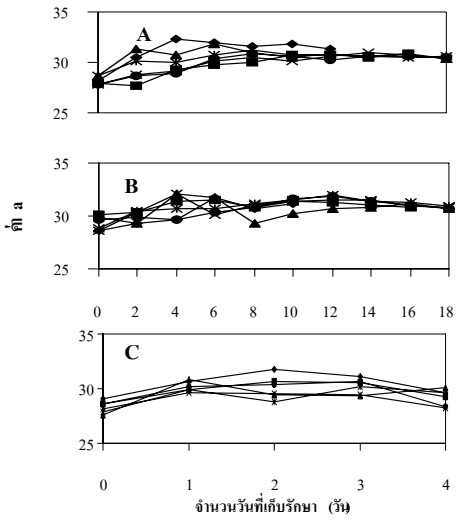
ชุดการทดลองที่รมด้วยความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรสชาติของผลสตรอเบอร์รี่โดยระดับคะแนนด้านรสชาติจะลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษา ส่วนชุดการทดลองที่รมด้วยความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทำให้ผลสตรอเบอร์รี่มีรสชาติผิดปกติ

2.9 ระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค

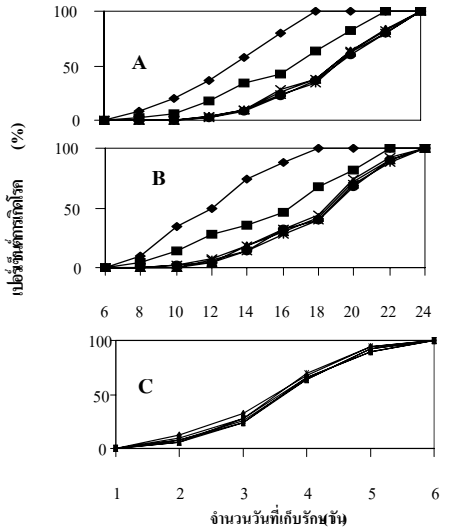
ชุดการทดลองที่รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ มีระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง คะแนนจะลดลงเมื่อผลเริ่มเสื่อมสภาพ (ภาพที่ 6) ส่วนชุดการทดลองที่รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ มีค่าระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับผลสตรอเบอร์รี่มีรสชาติและกลิ่นของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทเจือปนอยู่

2.10 อายุการเก็บรักษา

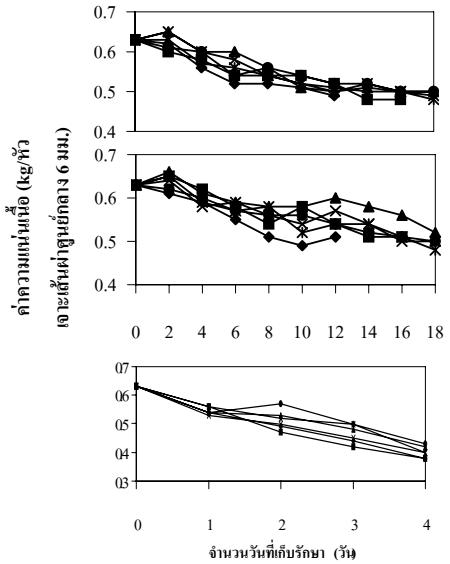
ผลสตรอเบอร์รี่ในทุกชุดการทดลองที่รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วัน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ. และ 10 °ซ. ชุดการทดลองที่ไม่ได้รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนท และชุดการทดลองที่รมด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน ส่วนชุดการทดลองที่รมเป็นระยะเวลา 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน (ตารางที่ 1)



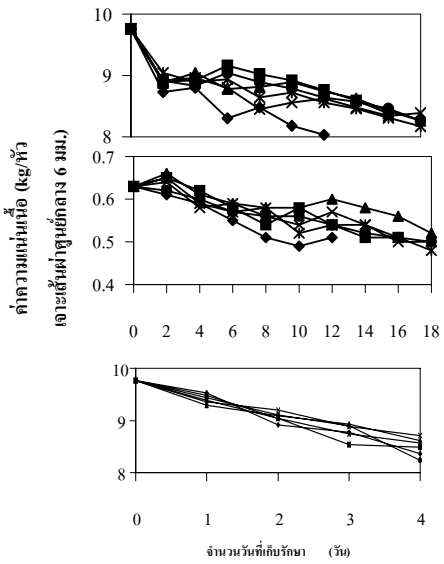
ภาพที่ 1 a value of strawberry fruits fumigated with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l of air for 3 (■), 6 (▲), 9 (X), 12 (✱), 24 hrs.(●) and without fumigation (♦). Kept at 5 °C (**A**), 10 °C (**B**) and room temperature (28 °C) (**C**)



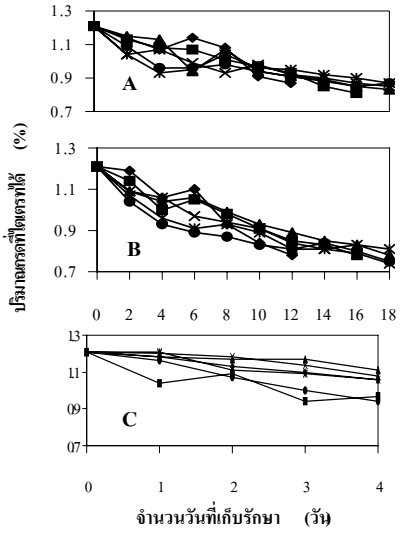
ภาพที่ 2 Disease percentage of strawberry fruits fumigated with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l of air for 3 (■), 6 (▲),9(X), 12(✱),24 hrs.(●) and without fumigation (♦). Kept at 5 °C (A), 10 °C (B) and room temperature (28 °C) (C)



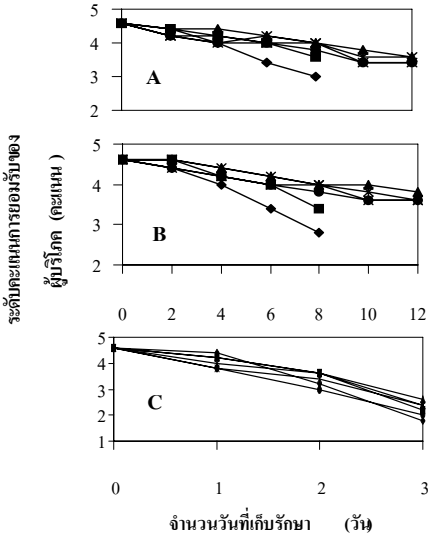
ภาพที่ 3 Firmness of strawberry fruits fumigated with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l of air for 3 (■), 6 (▲), 9 (X), 12 (✱), 24 hrs.(●) and without fumigation (♦). Kept at 5 °C (**A**), 10 °C (**B**) and room temperature (28 °C) (**C**)



ภาพที่ 4 Total soluble solid of strawberry fruits fumigated with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l of air for 3 (■), 6 (▲),9 (X), 12 (✱), 24 hrs.(●) and without fumigation (♦). Kept at 5 °C (**A**), 10 °C (**B**) and room temperature (28 °C) (**C**)



ภาพที่ 5 Tritratable acidity of strawberry fruits fumigated with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l of air for 3 (■), 6 (▲), 9 (X), 12 (ж), 24 hrs.(●) and without fumigation (♦). Kept at 5 °C (**A**), 10 °C (**B**) and room temperature (28 °C) (**C**).



1 = ไม่ชอบ, 2 = ไม่ค่อยชอบ, 3 = เฉยๆ, 4 = ชอบ, 5 = ชอบมาก

ภาพที่ 6 Consumer acceptability score of strawberry **fruits** fumigated with allyl isothiocyanate 0.01 ml/l of air for 3 (■), 6 (▲), 9(X), 12 (ж), 24 hrs.(●) and without fumigation (♦). Kept at 5 °C (A), 10 °C (B) and room temperature (28 °C) (C).

จากการศึกษาผลของเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทต่อเชื้อสาเหตุและคุณภาพของผลสตรอเบอร์รี่หลังการเก็บเกี่ยว อาจสรุปได้ว่าที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลชะลอการเจริญของเชื้อในขณะที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ การรมผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเอลิลไอโซไธโอไซยาเนทที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เป็นระยะเวลา 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง สามารถชะลอการเน่าเสียได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผล ส่วนการรมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ไม่สามารถชะลอการเน่าเสียได้ในขณะที่การรมด้วยความเข้มข้น 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ทำให้ผลสตรอเบอร์รี่มีรสชาติและกลิ่นผิดปกติ ดังนั้นความเข้มข้นและระยะเวลาในการรมผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทานเบอร์ 70 ที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ คือ 0.01 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามหากได้มีการวิจัยเพิ่มเติมอาจได้ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากกว่านี้

Table 1 Shelf life and disease appearance's day of No. 70 strawberry fruits.

Treatments	Disease appearance's day	Shelf life (day)
อุณหภูมิที่เก็บรักษา 5 °ซ.		
- ชุดควบคุม (AIT 0.00 ml/l air)	8a	6a
- AIT 0.01 ml/l air รม 3 ชั่วโมง	8a	6a
- AIT 0.01 ml/l air รม 6 ชั่วโมง	12b	10b
- AIT 0.01 ml/l air รม 9 ชั่วโมง	12b	10b
- AIT 0.01 ml/l air รม 12 ชั่วโมง	12b	10b
- AIT 0.01 ml/l air รม 24 ชั่วโมง	12b	10b
$LSD_{0.05}$	3.77	4.44
C.V. (%)	19.36	23.83
อุณหภูมิที่เก็บรักษา 10 °ซ.		
- ชุดควบคุม (AIT 0.00 ml/l air)	8a	6a
- AIT 0.01 ml/l air รม 3 ชั่วโมง	8a	6a
- AIT 0.01 ml/l air รม 6 ชั่วโมง	12b	10b
- AIT 0.01 ml/l air รม 9 ชั่วโมง	12b	10b
- AIT 0.01 ml/l air รม 12 ชั่วโมง	12b	10b
- AIT 0.01 ml/l air รม 24 ชั่วโมง	12b	10b
$LSD_{0.05}$	3.77	4.44

C.V. (%)	19.36	23.83
อุณหภูมิที่เก็บรักษา อุณหภูมิห้อง (28 °ซ.)		
- ชุดควบคุม (AIT 0.00 ml/l air)	2a	1a
- AIT 0.01 ml/l air รม 3 ชั่วโมง	2a	1a
- AIT 0.01 ml/l air รม 6 ชั่วโมง	2a	1a
- AIT 0.01 ml/l air รม 9 ชั่วโมง	2a	1a
- AIT 0.01 ml/l air รม 12 ชั่วโมง	2a	1a
- AIT 0.01 ml/l air รม 24 ชั่วโมง	2a	1a
$LSD_{0.05}$	0.00	0.00
C.V. (%)	0.00	0.00

Means in column with different superscripts differ significantly at $p<0.05$

เอกสารอ้างอิง

กองพัฒนาเกษตรที่สูง. 2543. การปลูกสตรอเบอร์รี่. สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 77 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 398 หน้า.

ชูพงษ์ สุกุมลนันทน์. 2530. สตรอเบอร์รี่. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 216 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2544. การพัฒนารสชาติ สี และองค์ประกอบทางเคมีหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มูลนิธิโครงการหลวง. 29 หน้า.

ทองใหม่ แพทย์ไชโย และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2541. คุณภาพทางกายภาพและเคมีหลังการเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอร์รี่. วารสารเกษตร 14 : 52-61.

ประสาทพร สมิตะมาน และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2543. สตรอเบอรี่. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 48 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 364 หน้า.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2526. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ภาคเหนือ. กรุงเทพฯ. 331 หน้า.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2532. สตรอเบอร์รี่. วิทยาลัยอุบลราชธานี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 33 หน้า.

Barkai-Golan, R. 1981. An annotated check-list of fungi causing postharvest diseases of fruits and vegetables in Israel. Agricultural Research Organization. The Volcali Center. Bet Dagan. Isarael. Special Publication No. 194.

Ellis, A. M. 1998. Botrytis fruit rot “gray mold” of strawberry, rasberry and blackberry. [online]. Available: http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/3000/3017.html.

Eskin, N. A. M., H. M. Henderson and R. J. Townsend. 1971. Biochemistry of Foods. Acadamic Press, Inc. New York. 240 p.

Fernandéz-Trujillo, J. P., A. Cano and F. Artés. 1999. Interactions among cooling, fungicide and postharvest ripening temperature on peaches. International Journal of Refrigeration. 23: 457-465.

Forney, C. F. and P. J. Breen. 1986. Sugar content and uptake in the strawberry fruit. Journal of American Society for Horticulture Science. 111(2): 71-73.

Goi, H., S. Inouye and Y. Iwanami. 1985. Antifungal activity of powdery black mustard, powdery wasabi (Japanese Horseradish), and allyl isothiocyanate by gaseous contact. Journal of Antibacteria and Antifungi Agents. 13 (5): 199-204.

Mass, L. L. 1981. Postharvest diseases of strawberry. *In* Childers, N. F. (Ed.). The strawberry Cultivars to Marketing. Horticultural Publications. University of Florida. Gainesville. Florida. pp. 329-353.

Tsuboi, S. and N. Iwamura. 1984. The inhibiting action of mustard on the growth of fungus. ICMR Annals. 4: 205-207.

Tsunoda, K. 2000. Gaseous treatment with allyl isothiocyanate to control established microbial infection on wood. Journal of Wood Science. 46 (6): 154-158.