

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาผลของความเย็นอย่างต่อเนื่อง

1.1 แผนการทดลอง

ในการทดลองนี้มีการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มีแต่ละขั้นตอนของความเย็นอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยที่ศึกษาซึ่งมี 3 ปัจจัย คือ การลดอุณหภูมิ การขนส่ง และการเก็บรักษา แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ คือ ได้รับความเย็น และได้รับความเย็นในแต่ละขั้นตอน ดังนั้นจึงมีทั้งหมด 8 วิธีการ ซึ่งแต่ละวิธีการทดลองทำ 4 ซ้ำ รวมทั้งหมดมี 32 หน่วยทดลอง และทำการทดลอง 3 ครั้งคือ ฤดูฝน (กรกฎาคม 2532) ฤดูหนาว (พฤศจิกายน 2532) และฤดูหนาว (มกราคม 2533) โดยศึกษาในพืช 2 ชนิด คือกระเทียมต้นและปวยเล้ง สถานที่ทำการทดลองได้ทำการทดลองที่ศูนย์พัฒนาหนองหอย ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่ฝ่ายคัดบรรจุและจัดส่งของโครงการหลวงภายในบริเวณคณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีห้องปฏิบัติการของภาควิชาพืชสวน คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1.2.1 กระเทียมต้นและปวยเล้ง กระเทียมต้นพันธุ์ Sweet giant bluetia RS. และปวยเล้งพันธุ์ Oscar ซึ่งปลูกที่ศูนย์พัฒนาหนองหอย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 1250 เมตร กระเทียมต้นเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุประมาณ 90 วัน นับจากย้ายกล้า ส่วนปวยเล้งเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุประมาณ 30 วันนับจากหว่านเมล็ด คุณภาพของผักทั้งสองชนิดที่ใช้ทดลองมีคุณภาพเกรด 1 ตามมาตรฐานของโครงการหลวง คือ กระเทียมต้นมีลำต้นเทียมสีขาว อวบ แน่น ต้นตรง และมีขนาดความยาวตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป ใบอวบน้ำสีเขียว ไม่มีตำหนิ มีกลุ่มใบยอดชิดกันแน่น ส่วนปวยเล้ง ใบมีสีเขียวสม่ำเสมอทั่วทั้งใบ ความยาวของทั้งต้น 20-25 เซนติเมตร ไม่มีรอยช้ำ อาจมีตำหนิแผลจากแมลงและใบหักหักขาดได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มใบยอดเจริญปกติ ไม่เกิดช่อดอก และไม่แตกแขนง

1.2.2 เครื่องลดยุณหภูมิชนิด forced-air cooling มีส่วนประกอบ (รูปที่ 3.1)

หอจืดน้ำ (ก)

คอยล์เย็น (ข)

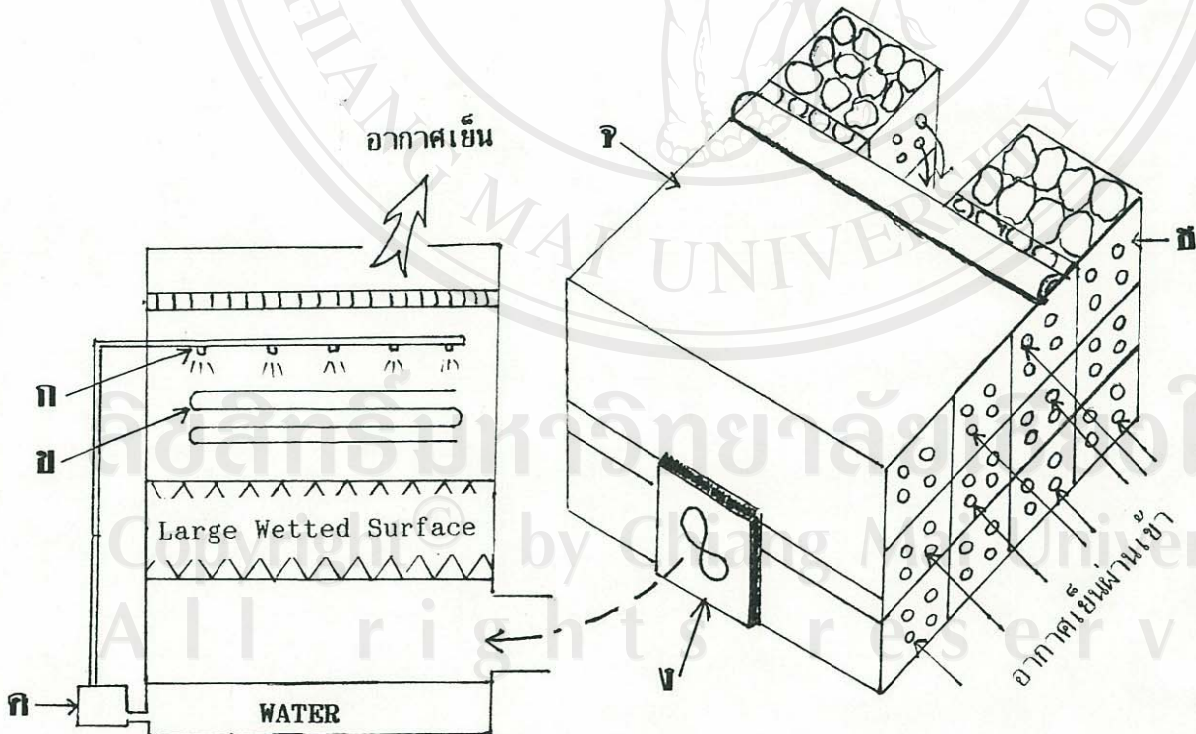
ปั้มน้ำ (ค)

พัดลมดูดอากาศ (ง)

ผ้าใบหรือวัสดุสำหรับใช้ปิดด้านบน และด้านตรงข้ามกับพัดลมดูดอากาศ (จ)

ตระกร้าผลิตผล (ช)

หลักการทำงาน เมื่อพัดลมดูดอากาศทำงานจะดูดอากาศเย็นที่เป่าออกมาจากเครื่องทำความเย็นและผ่านหอจืดน้ำทำให้อากาศที่ถูกเป่าออกมามีความชื้นสัมพัทธ์สูง อากาศเย็นจะไหลผ่านตะกร้าผลิตผลซึ่งวางเรียงซ้อนกันเป็นสองแถว และให้มีช่องว่างระหว่างแถวพอดีกับขนาดความกว้างของพัดลมดูดอากาศที่อยู่ด้านหลัง ใช้ผ้าใบคลุมด้านหลัง ด้านบน และด้านหน้า ทำให้ผลิตผลมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องลดยุณหภูมิชนิดนี้แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องลดยุณหภูมิชนิด forced-air cooling

1.2.3 รถห้องเย็น รถห้องเย็นที่ใช้สำหรับขนส่งผลิตผลจากศูนย์พัฒนาหนองหอยมายังฝ่ายคัดบรรจุของโครงการหลวงเป็นรถห้องเย็นขนาดกว้าง 1.50 เมตรยาว 2.10 เมตร และสูง 1.35 เมตร เครื่องทำความเย็นขนาด 2 แรงม้า พัฒลขนาดกว้าง 10 นิ้ว มีความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที ผนังทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมหุ้มโฟมหนา 4 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.2

1.2.4 รถบรรทุก รถบรรทุกที่ใช้สำหรับขนส่งผลิตผลจากศูนย์พัฒนาหนองหอยมายังฝ่ายคัดบรรจุของโครงการหลวง เป็นรถบรรทุกกระบะไม่มีหลังคา ขนาดของกระบะกว้าง 1.70 เมตร ยาว 2.20 เมตร และสูง 1.40 เมตร เมื่อบรรทุกผลิตผลแล้วเฉพาะด้านบนคลุมด้วยผ้าใบ ส่วนด้านข้างของตัวถังรถเป็นเพียงโครงเหล็กเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.3

1.2.5 ห้องเย็น ห้องเย็นที่ใช้สำหรับเก็บรักษาผลิตผลมีขนาดกว้าง 4.00 เมตร ยาว 4.20 เมตร และสูง 3.00 เมตร เครื่องทำความเย็นมีขนาด 7.5 แรงม้า คิดพัฒล 2 ตัวซึ่งมีขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร มีความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเฉลี่ย 85 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ย 5.2 องศาเซลเซียส รักษาสภาพภายในห้องเย็นให้มีความชื้นสูงโดยมีเครื่องให้ความชื้นซึ่งทำงานโดยอัตโนมัติผ่านพัฒล 1 เครื่องดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 รถห้องเย็นที่ใช้ขนส่งผลิตผลจากศูนย์พัฒนาหนองหอยมายังโรงคัดบรรจุ



รูปที่ 3.3 รถบรรทุกที่ใช้สำหรับขนส่งผลิตผลจากศูนย์พัฒนาหนองหอยมาโรงคัดบรรจุ



รูปที่ 3.4 ภาชนะห้องเย็นที่ใช้สำหรับเก็บรักษาผลิตผล

1.3 วิธีการทดลอง

1.3.1 กระเทียมต้น นำกระเทียมต้นที่เก็บเกี่ยวแล้วมายังโรงฟุ้งฝักบริเวณแปลงปลูก ล้างรากให้สะอาด และตัดรากให้สั้นเหลือ 1-2 เซนติเมตร ฝังให้สะอาดหน้า คัดขนาดและตัดแต่ง ให้ได้คุณภาพเกรด 1 ตามมาตรฐานของโครงการหลวง บรรจุกระเทียมต้นใส่ในถุงพลาสติกที่มีขนาดกว้าง 51 เซนติเมตร ยาว 75 เซนติเมตร ซึ่งมีระบายอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรจำนวน 18 รู โดยบรรจุถุงละ 8 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 32 ถุง หลังจากนั้นขนส่งกระเทียมต้นไปยังโรงคัดบรรจุของศูนย์พัฒนาหนองหอย แล้วนำถุงกระเทียมต้นบรรจุลงในตระกร้าที่มีรูโดยรอบ แบ่งกระเทียมต้นที่บรรจุตะกร้าแล้วออกเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 4 ตะกร้า แต่ละตะกร้าคือ 1 ซ้า แต่ละกลุ่มคือแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งมี 8 วิธีการทดลองดังนี้คือ

- วิธีที่ 1 ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถห้องเย็น เก็บรักษาในห้องเย็น
- วิธีที่ 2 ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถห้องเย็น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
- วิธีที่ 3 ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถธรรมดา เก็บรักษาในห้องเย็น
- วิธีที่ 4 ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถธรรมดา เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
- วิธีที่ 5 ไม่ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถห้องเย็น เก็บรักษาในห้องเย็น
- วิธีที่ 6 ไม่ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถห้องเย็น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
- วิธีที่ 7 ไม่ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถธรรมดา เก็บรักษาในห้องเย็น
- วิธีที่ 8 ไม่ได้ลดอุณหภูมิขนส่งโดยรถธรรมดา เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การทดลองแต่ละวิธีกระทำเหมือนกับการปฏิบัติจริงของการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตภัณฑ์ของโครงการหลวง

ทำการทดลองโดยการลดอุณหภูมิฝัก ซึ่งกระทำโดยนำตระกร้าฝักมาวางเรียงไว้ในห้องเย็นที่มีเครื่องลดอุณหภูมิชนิด forced-air cooling และตั้งปั๊มควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในห้องเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำสุดท้ายไม่เกิน 10.5 และ 5 องศาเซลเซียส (สำหรับการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) ใช้เวลาลดอุณหภูมิในช่วงกลางคืนประมาณ 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นขนส่งกระเทียมต้นจากโรงคัดบรรจุของศูนย์พัฒนาหนองหอย มายังฝ่ายคัดบรรจุของโครงการหลวง ภายในบริเวณคณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้รถห้องเย็น และรถบรรทุกธรรมดา แล้วปล่อยให้ผลผลิตค้างไว้บนรถเป็นเวลา 12 ชั่วโมง (เท่ากับเวลาที่ใช้ขนส่งผลผลิตจากเชียงใหม่ไปกรุงเทพฯ) หลังจากนั้นนำผลผลิตไปเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง

การวัดอุณหภูมิของกระเทียมต้นด้วย resistance thermometer โดยใช้ส่วนของโลหะที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเสียบเข้าไปตรงกึ่งกลางของลำต้น วัดอุณหภูมิในแต่ละขั้นตอนในการทดลองสวมวัดอุณหภูมิของกระเทียมต้นตะกร้าละ 1 ต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยสำหรับอุณหภูมิของอากาศใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดเดียวกันกับที่ใช้วัดอุณหภูมิของกระเทียมต้น วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยใช้ wet and dry bulb hygrometer

บันทึกการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏ และน้ำหนักของกระเทียมต้น โดยสวมตัวอย่างกระเทียมต้นออกมาตะกร้าละ 10 ต้น ในทุกๆ 2 วัน ตลอดเวลาที่เก็บรักษา ตัดแต่งส่วนที่เสื่อมสภาพออก ตัดราก และตัดปลายใบออกเหลือประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นส่วนที่ขายได้ แล้วชั่งน้ำหนักที่ขายได้ หลังจากนั้นสวมตัวอย่างกระเทียมต้นนำเอาเฉพาะส่วนที่ขายได้มา 3 ต้น ทนทั้งลำต้นเทียมและใบ คลุกให้เข้ากันแล้วสวมเอาตัวอย่างเพียง 50 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี

1.3.2 ปวยเหลือง นำปวยเหลืองที่เก็บเกี่ยวแล้วมาล้างรากให้สะอาด เด็ดใบนอกที่มีสีเหลืองทิ้ง และคัดเลือกเอาที่ได้คุณภาพเกรด 1 ตามมาตรฐานของโครงการหลวงแล้วนำมาห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ห่อละ 0.5 กิโลกรัม นำห่อปวยเหลืองไปบรรจุใส่ในลังพลาสติกที่มีรูระบายอากาศโดยรอบ โดยบรรจุลังละ 5 กิโลกรัม แล้วนำไปทดลองเช่นเดียวกับกระเทียมต้น การสวมตัวอย่างปวยเหลืองเพื่อประเมินคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา โดยสวมครั้งละ 1 ห่อ (0.5 กิโลกรัม) ทุกๆ 2 วัน ตรวจสอบลักษณะที่ปรากฏ แล้วชั่งน้ำหนักก่อนตัดแต่ง ตัดแต่งเอา ราก ใบที่มีสีเหลือง เหี่ยวและเน่าออกทิ้งไป ชั่งน้ำหนักที่ตัดแต่งได้เป็นน้ำหนักที่ขายได้ ทนปวยเหลืองให้ละเอียดทั้งต้น แล้วคลุกให้เข้ากัน สวมเอาตัวอย่างเพียง 50 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี

1.4 การประเมินคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

1.4.1 ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นจากภายนอก สังเกตลักษณะผิดปกติที่ปรากฏภายนอก ได้แก่ อาการเหี่ยว ช้ำ เน่า และใบมีสีเหลืองโดยประมาณการสูญเสียด้วยสายตา

1.4.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% Weight loss) ชั่งน้ำหนักที่เหลือเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นก่อนลดอุณหภูมิ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้คือ

(B-C)

$$A = \frac{\quad}{B} \times 100$$

โดยที่ A คือ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

B คือ น้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการลดอุณหภูมิ

C คือ น้ำหนักที่ชั่งได้ภายหลังการเก็บรักษาในแต่ละช่วงเวลา

1.4.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ขายได้ (% Salable weight) นำเอาตัวอย่างที่สุ่มมาเพื่อตรวจสอบลักษณะภายนอกมาทำการตัดแต่งสำหรับพร้อมที่จะขายได้ ชั่งน้ำหนักที่ขายได้หลังการตัดแต่งแล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ขายได้ดังนี้คือ

$$E = \frac{D}{B} \times 100$$

โดยที่ E คือ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ขายได้

B คือ น้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการลดอุณหภูมิ

D คือ น้ำหนักที่เหลือหลังจากตัดแต่งพร้อมขาย

1.4.4 การคำนวณมูลค่าที่ขายได้ วิธีการคำนวณมูลค่าที่ขายได้ คำนวณโดยใช้ราคากระเทียมต้นและปวยเล้งที่โครงการหลวงชายที่กรุงเทพมหานครในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง คูณกับน้ำหนักที่ขายได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทดลองหนึ่งกิโลกรัม

1.4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี วิธีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีดัดแปลงจากวิธีของ Kuxel and Jakovjevic (1963)

1.4.5.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- เครื่องปั่นชนิด Sap Centrifuge 3 ของบริษัท Moulinex
- เครื่องชั่ง Sartorius 2354 ชนิดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

- เครื่องแก้ว ได้แก่ บีกเกอร์ (beaker) ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) กระบอกตวง (cylinder) บิวเรต (burette) ปิเปต (pipette) กรวยกรอง (filtering glass funnel) หลอดหยด (dropper) แท่งแก้วสำหรับคน (stirrer)

- สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ การเตรียมโดย ชั่งกรดเมตาฟอสฟอริก (Metaphosphoric acid) (บริษัท Merck) มา 15 กรัมใส่ลงใน บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) (บริษัท Merck) ลงไป 40 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อยแล้วเขย่าจนกระทั่งกรดละลายจนหมด นำ มาใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง

- สารละลายมาตรฐานไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล (Standard Dichlorophenol Indophenol Solution) ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เตรียมโดย ชั่งสาร 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล (2,6-Dichlorophenol indophenol) (บริษัท Merck) มา 25 มิลลิกรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) (บริษัท Hopkin & Williams) 21 มิลลิกรัมในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันจนกระทั่ง 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลละลายจนหมด เทใส่ใน ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร กรอง ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร เก็บสารละลาย ที่ได้ไว้ในขวดสีชาปิดฝาให้สนิทและ เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง

- สารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐานมีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยชั่งกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) (บริษัท AJAX Chemicals) มา 100 มิลลิกรัมเทใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกลงไปเล็กน้อย เพื่อละลายกรดแอสคอร์บิก เทใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรให้ได้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก

1.4.5.2 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี สุ่มตัวอย่างผักหลังตัดแต่งพร้อมขาย ให้ได้ทุกส่วนของต้นจำนวน 50 กรัม นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่น Sap centrifuge 3 วัดปริมาตร น้ำคั้นที่ได้ทั้งหมด ใช้ปิเปตคือน้ำคั้นผักมา 2 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตรเติม สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานไดคลอ-

โรฟีนอลอินโดฟีนอลจนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณของสารละลายมาตรฐานไตคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลที่ใช้เป็นมิลลิลิตร (b)

ปีเปตสารละลายกรดแอสคอบิคมาตรฐานมา 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเมตา-ฟอสฟอริก 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานไตคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลจนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณของสารละลายมาตรฐานไตคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

(a) แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณวิตามินซี ดังนี้คือ

สารละลายมาตรฐานไตคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล a มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดแอสคอบิค 2 มิลลิกรัม

ดังนั้นสารละลายมาตรฐานไตคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล 1 มิลลิลิตรจะทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดแอสคอบิค $\frac{2}{a}$ มิลลิกรัม

สารละลายมาตรฐานไตคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล b มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดแอสคอบิค $\frac{2b}{a}$ มิลลิกรัม

น้ำหนักผัก 2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแอสคอบิค $\frac{2b}{a}$ มิลลิกรัม

ผักน้ำหนัก 50 กรัม มีปริมาณน้ำหนัก c มิลลิกรัม

$$2b \times c$$

ดังนั้นผัก 100 กรัม มีปริมาณกรดแอสคอบิค $2 \times \frac{2b \times c}{2a}$ มิลลิกรัม

$$b \times c$$

หรือปริมาณวิตามินซีเท่ากับ $2 \times \frac{b \times c}{2a}$ มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมผักน้ำหนักสด

a

1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละวิธีการทดลองทั้ง 8 วิธี นำมาวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบ

เทียบหาความแตกต่างระหว่างผลการทดลองที่วัดได้ในแต่ละวิธี และวิเคราะห์อิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง และอิทธิพลร่วมของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของทั้งกระเทียมต้นและปวยเล้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และนำผลการทดลองที่ได้ศึกษาในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ ทั้ง 3 ครั้งนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรวมกัน โดยใช้คอมพิวเตอร์ โปรแกรม STATISTIC

2. การศึกษาอัตราการหายใจและปริมาณก๊าซเอทิลีนที่ผลิตผลคายออกมา

การทดลองนี้เป็นการวัดอัตราการหายใจ และ อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนของกระเทียมต้นระหว่างการเก็บรักษาไว้ในห้อง เย็นและ ทอณหภูมิห้อง โดยทำการทดลอง เดือนกุมภาพันธ์ 2533

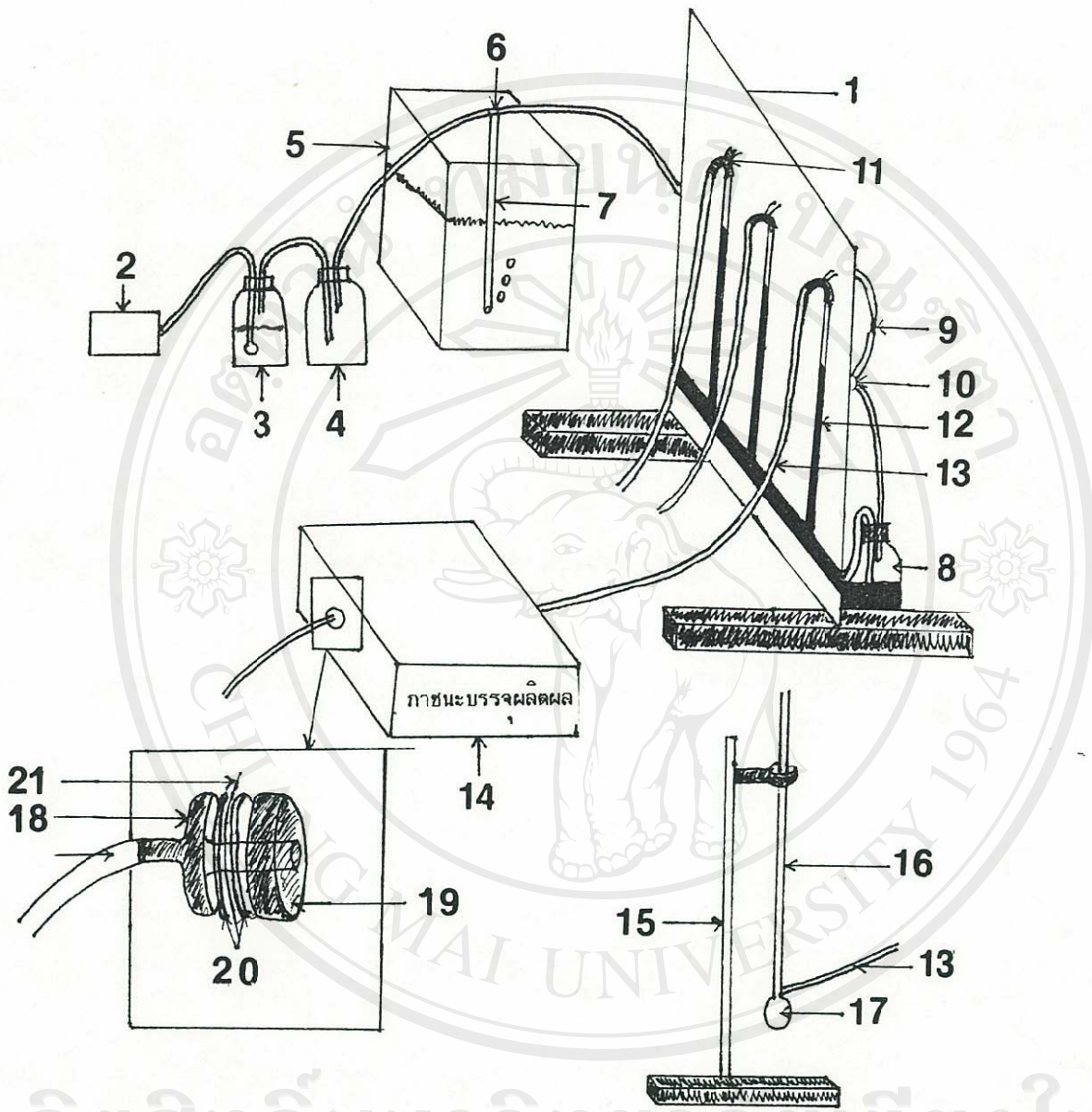
2.1 วัสดุอุปกรณ์

2.1.1 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ (air flow board) ส่วนประกอบของชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

หลักการทำงาน เมื่อเครื่องปลมมทำงาน อากาศจากเครื่องปลมมจะผ่านเข้าไปในขาค้น้ำสำหรับให้ความชื้น ผ่านเข้าไปในขาค้น้ำสำหรับดักความชื้นส่วนเกิน แล้วผ่านไปยังทางแยกของอากาศซึ่งแยกออกเป็น 2 ทาง คือเข้าไปในหลอดแก้วระบายอากาศ หรือต่อเข้าไปยังทางแยกของอากาศ 2 ทางซึ่งเข้าไปในขาค้น้ำบรรจุยา หรือเข้าไปทางหลอดคาบิลลารี เมื่ออากาศผ่านหลอดคาบิลลารีแล้ว เข้าสู่ทางแยกอากาศโลหะ ซึ่งแยกอากาศเข้าสู่ภาชนะบรรจุผลผลิต และ เข้าสู่หลอดแก้วแสดงระดับความดัน เมื่ออากาศที่ผ่านเข้ามาแรงดันต่ำ อากาศส่วนใหญ่จะไหลผ่านหลอดคาบิลลารี เพราะไม่สามารถดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ หรือดันน้ำในขาค้น้ำบรรจุยาได้ แต่เมื่อเพิ่มความดันของอากาศที่ไหลผ่านให้มากขึ้นอากาศจะผ่านออกทางหลอดคาบิลลารีไม่ทัน เพราะมีช่องขนาดเล็ก อากาศบางส่วนจะไหลเข้าไปในหลอดแก้วระบายอากาศ และดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศให้ระดับต่ำลง และดันน้ำในขาค้น้ำบรรจุยาให้ไหลขึ้นไปตามหลอดแก้วแสดงระดับความดัน ซึ่งสามารถทำเครื่องหมายระดับน้ำที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหลอดคาบิลลารีได้ ถ้าความดันอากาศเพิ่มมากขึ้นจะดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศให้ต่ำลงจนเกิดฟองอากาศ ซึ่งแสดงว่าระดับน้ำในหลอดแก้วมีระดับความดันสูงสุด เนื่องจากอากาศส่วนเกินจะ เล็ดลอดออกไปยังปลายหลอดแก้วระบายอากาศเป็นฟองอากาศ

2.1.2 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ (flow meter) ส่วนประกอบของชุดวัดอัตราการไหลของอากาศดังแสดงรูปที่ 3.5 ซึ่งประกอบด้วย

- ทางอากาศเข้าซึ่งต่อมาจากทาง เข้าสู่ผลผลิต (13)
- บิวเรต (burette) (16)
- ลูกยางบีบที่มึนน้ำสบู่อยู่ข้างใน (17)



- | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| (1) แผงและฐานไม้ | (2) เครื่องปั๊มลม | (3) ขวดน้ำสำหรับปรับความชื้น |
| (4) ขวดสำหรับตัดความชื้นส่วนเกิน | (5) โหลแก้วใหญ่บรรจุน้ำ | (6) ทางแยกอากาศ 2 ทาง |
| (7) หลอดแก้วระบายอากาศ | (8) ขวดบรรจุน้ำ | (9) ทางแยกอากาศ 2 ทาง |
| (10) หลอดคาปิลลารี | (11) ทางแยกทำด้วยโลหะ | (12) หลอดแก้วแสดงระดับความดัน |
| (13) ทางออกของอากาศสู่ผลิตภัณฑ์ผล | (14) ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ผล | (15) ที่ยึด |
| (16) บิวเรต | (17) ลูกยางบีบที่มีน้ำสบู่ | (18) โลหะกลาง |
| (19) แหวนโลหะ | (20) แผ่นยาง | (21) ถังพลาสติก |

รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงชุดแผงควบคุมอัตราการไหล และชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

หลักการทํางาน เมื่อตอํสายยางที่มอํอากาศพํานมาจากหลอดคาบิลลารอํในชุดแพงควบคุมอํตราการไหลเข้สูํชุดวัดอํตราการไหลของอากาศแล้ว เมื่อบัลลวํยางพํานาสํบู่ไหลเข้ไปปิดทางเข้ของอากาศ แล้วปล่อยให้อากาศไหลตามปกติ อากาศจะไหลค่นพองสํบู่ให้เคลอนทขนไปตามบิวเรท จบัเวลาการเคลอนทของพองสํบู่แล้วคํานวณเป็นอํตราการไหลของอากาศซึ่งมีหน่วยเป็นมลลลลิตรต่อนาที

2.1.3 เครื่องมือสําหรับวัดหาปริมาณก๊าซ (Gas Chromatograph) เป็นเครื่อง gas chromatograph ของบริษัท Shimadzu มี Shimadzu micro computerized GC 9A เป็น detector และ Chromatopac C-R 3A เป็น recorder

หลักการทํางาน carrier gas จะเป็นตัวพาสารตัวอย่างที่ฉีดเข้ที่ injector port เข้สูํ column และภายใน column บรรจุสารที่ใช้แยกสารตัวอย่าง โดยอาศัยหลักความสามารถในการดูดซับ และการยอมให้สารพํานได้ของสารที่บรรจุอยู่ใน column เมื่อสารต่างชนิดกันเคลอนทพําน column จะมีอํตราเร็วในการเคลอนทพํานสารที่บรรจุอยู่ใน column ได้แตกต่างกัน สารตัวอย่างจะถูกทำให้อยู่ในสภาวะที่เป็นไอ โดย column ต้องอยู่ในต้อบ (oven) ตลอดเวลา หลังจากสารตัวอย่างพําน column และถูกแยกออกจากกันแล้วจะถูกพาไปยัง detector ซึ่งจะแปรสัญญาณเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยัง recorder เพื่อแปรผลออกมาในรูปของ chromatograph และคํานวณออกมาเป็นอํตราส่วนของปริมาณสารที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง

ในการวัดหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ก๊าซฮีเลียมที่มีอํตราการไหล 60 มลลลลิตรต่อนาทีเป็น carrier gas อุณหภูมิของ injector port 80 องศาเซลเซียส column เป็น stainless column บรรจุด้วย porapak R มีความยาว 1.5 เมตร และอยู่ในต้อบที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และใช้ระบบ thermal conductivity detector (TCD) ซึ่งมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็น detector

สําหรับการวัดหาก๊าซเอทลีน ใช้ก๊าซไนโตรเจนชนิด oxygen free nitrogen (OFN) ที่มีอํตราการไหล 70 มลลลลิตรต่อนาทีเป็น carrier gas อุณหภูมิของ injector port 90 องศาเซลเซียส column เป็น stainless column บรรจุด้วย activated alumina มีความยาว 1.5 เมตร และอยู่ในต้อบที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้ระบบ flame ionization detector (FID) ซึ่งมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็น detec-

tor โดยมีความดันของก๊าซไฮโดรเจน 0.56 กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร และความดันของอากาศ 0.5 กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร

2.1.4 เข็มฉีดยา No. 11 ยาว 1.5 นิ้ว

2.1.5 กระบอกฉีดยาขนาดความจุ 1 และ 2.5 มิลลิลิตร

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 กระเทียมคั้น นำกระเทียมคั้นที่คั้นขนาดเรียบร้อยแล้วมาลวดค้อนหมึก และขนส่งโดยรถห้องเย็นจากศูนย์พัฒนาหนองหอยมายังฝ่ายคัดบรรจุโครงการหลวง ภายในคณะเกษตรศาสตร์ บรรจุกระเทียมคั้นลงในตะกร้าพลาสติกตะกร้าละ 2 กิโลกรัม จำนวน 8 ตะกร้า แล้วนำตะกร้าใส่ลงในถุงพลาสติกชนิดหนาขนาด 61 x 112 เซนติเมตร และเจาะรู 2 รู ตรงข้ามกันเพื่อใส่โลหะกลวงสำหรับให้อากาศไหลผ่านเข้าและออกจากถุง (12) โดยมีแผ่นโลหะ (13) กับแผ่นยาง (14) ปิดทับเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศรั่ว ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ต่อโลหะกลวงอันหนึ่งกับแผงควบคุมการไหลที่ทราบอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านออกมาจากหลอดคาปิลลารี และโลหะกลวงอีกอันหนึ่งต่อเข้ากับสายยางให้ยาวพอประมาณสำหรับเป็นทางออกของอากาศ (15) ปิดปากถุงให้แน่นไม่ให้มีการรั่วซึมของอากาศ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น (28 องศาเซลเซียส) จำนวน 4 ตะกร้า และนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น (5 องศาเซลเซียส) จำนวน 4 ตะกร้า ปลอ่ยให้อากาศไหลผ่านภายในตะกร้าประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงสูมเอาอากาศจากสายยางอากาศเข้าและอากาศออกจากตะกร้าด้วยเข็มฉีดยา โดยสูมอากาศออกมา 1 มิลลิลิตร สำหรับตรวจวัดหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ 2 มิลลิลิตรสำหรับตรวจวัดหาปริมาณก๊าซเอทิลีน แล้วนำไปวัดหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่องตรวจวัดหาปริมาณก๊าซ (Gas chromatograph) ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และส่วนต่อล้านส่วนของก๊าซเอทิลีน บันทึกผลความแตกต่างของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเอทิลีนในอากาศที่ไหลเข้าและไหลออกจากถุงที่บรรจุกระเทียมคั้น

2.2.2 ปวยเหล็ง ทำการทดลองโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับกระเทียมคั้น แต่ใช้ปวยเหล็งตะกร้าละ 1 กิโลกรัม

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซที่ผลิตผลคายออกมาระหว่างการเก็บรักษา

2.3.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วิธีวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 คัดแปลงจากวิธีของ วิธีการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังนี้คือ

อัตราการไหลของอากาศผ่านผลิตผล X ลิตรต่อชั่วโมง

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่ผ่านผลิตผลออกมามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก
 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่ไหลเข้า Y เปอร์เซ็นต์

$$\text{ดังนั้น 1 ชั่วโมงจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น} = \frac{XY \times 1000}{100} \text{ มิลลิลิตร}$$

$$= 10XY$$

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 มิลลิลิตร จะหนัก 1 x (Conversion figure)
 (หน่วยเป็น มิลลิกรัม)

ถ้าน้ำหนักของผลิตผลที่ใช้หนัก Z กิโลกรัม

แสดงว่า ผลิตผล Z กิโลกรัม ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (10XY) x (Con-
 version figure) มิลลิกรัม ใน 1 ชั่วโมง

$$\text{ดังนั้น อัตราการหายใจ} = \frac{10XY}{Z} \text{ (Conversion figure)}$$

(หน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง)

การทำ Conversion figure

ก๊าซ 1 กรัมโมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ 0°C 1 บรรยากาศ

ก๊าซ CO₂ 1 กรัมโมล หนัก 44 กรัม

ก๊าซ CO₂ 22400 มิลลิลิตร หนัก 44000 มิลลิกรัม

$$\text{ก๊าซ CO}_2 \text{ 1 มิลลิลิตร หนัก} \frac{44000}{22400} = 1.977 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$22400$$

$$\text{หรือเท่ากับ} \quad \frac{(273)}{(T)} \times \frac{(P)}{(760)} \times 1.9769$$

โดยที่ P คือความดันบรรยากาศขณะนั้น ๆ

T คืออุณหภูมิขณะนั้น (องศา K)

2.3.2 ปริมาณของก๊าซเอทิลีน วิธีการคำนวณหาอัตราการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีนดังนี้คือ

อัตราการไหลของอากาศผ่านผลิตภัณฑ์	X	ลิตรต่อชั่วโมง
ปริมาณก๊าซเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น	Y	ส่วนต่อล้าน
ตั้งต้นผลิตภัณฑ์สังเคราะห์ก๊าซเอทิลีน	XY	ไมโครลิตรต่อลิตรต่อชั่วโมง

2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าอัตราการหายใจและปริมาณก๊าซเอทิลีนที่คำนวณได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาเขียนกราฟแสดงผลการทดลองในแต่ละช่วงฤดูกาลเพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้ผลผลิตในฤดูกาลต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved