บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. วัสดุพันธุ์พืช ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มาตรฐานชั้น 3 ที่เก็บเกี่ยวระยะความแก่และสุกของผลโดยพิจารณาจากสีผิวที่มีสีแดง 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มาจากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ จังหวัดเชียงใหม่ ส่งมาที่งานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง ภายในคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยรถขนส่งของมูลนิธิโครงการหลวง คัดเลือกเฉพาะผลที่มีคุณภาพดีและนำมาทำการทดลองทันที

2. อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

2.1 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (firmness tester) รุ่น UB ของบริษัท Kiya Seisakusho ขนาด 1 กรัม หัววัดรูปทรงกระบอก (cylinder shape) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. ยาว 10 มม.

2.2 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer) รุ่น N1 ของบริษัท ATAGO อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-32 องศาบริกซ์ (°brix)

2.3 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น BA3100P ของบริษัท Sartorius และแบบทศนิยม 4 ตำแหน่งรุ่น AB54 ของบริษัท Mettler Toledo

2.4 เครื่องปั่นผลไม้ (Blender) รุ่น S(643) ของบริบัท Moulinex

2.5 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง รุ่น HI 9021 ของบริษัท Hanna

2.6 เครื่องไตเตรต (Digital burette) ของบริบัท Brand

2.7 เครื่องกวนสารเคมีด้วยแท่งแม่เหล็กและให้ความร้อน ของบริษัท Nuova II

2.8 Water bath รุ่น WB 10 ของบริษัท Memmert

2.9 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectophotometer) รุ่น DU 7500 ของบริษัท Beckman

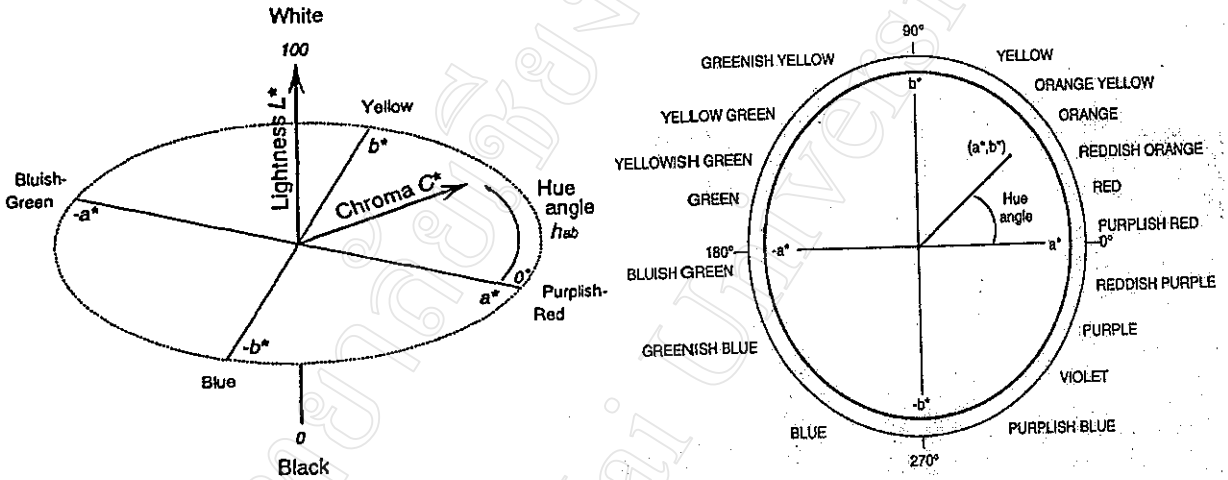
2.10 กระดาษกรอง Whatman No.1

2.11 เครื่องวัดสี (Chromameter) รุ่น CR-300 ของบริษัท Minolta หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. ซึ่งวัดสีออกมาเป็นค่า L* a* b* ภาพที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

ค่า L* แสดงความสว่างเมื่อมีค่าใกล้ 100 และแสดงความมืดเมื่อมีค่าใกล้ 0

ค่า a* ที่เป็นบวกแสดงว่าผลิตผลมีสีออกแดง ค่า a ที่เป็นลบแสดงว่าผลิตผลมีสีออกเขียว

ค่า b* ที่เป็นบวกแสดงว่าผลิตผลมีสีออกเหลือง และที่เป็นลบแสดงว่าผลิตผลมีสีออกน้ำเงิน



ก. ข.

ภาพที่ 4 แผนภาพของสี

ก. ค่า L* a* b* (Gonnet, 1998)

ข. Hue sequence and hue angle Orientation on a CIELAB diagram (Voss, 1992)

2.12 ตู้เย็น

2.13 มีดปอกผลไม้

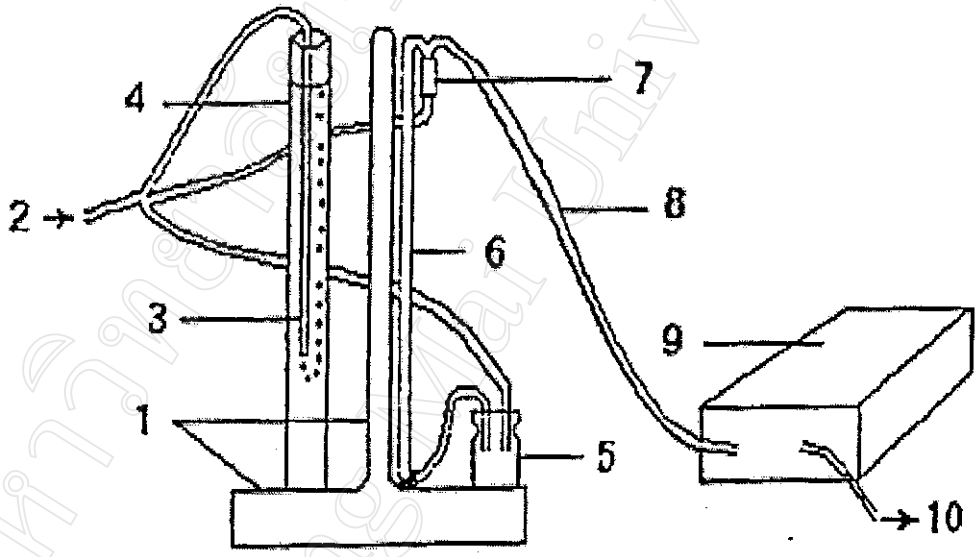
2.14 กล้องถ่ายรูป ยี่ห้อ Cannon

2.15 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ (air flow) สำหรับใช้วัดอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ (ภาพที่ 5)

ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ ประกอบด้วย

1. แผงและฐานไม้
2. ทางอากาศเข้า
3. หลอดแก้วระบายอากาศ
4. หลอดแก้วใหญ่บรรจุน้ำเต็ม

5. ขวดแก้วบรรจุน้ำ
6. หลอดแก้วแสดงระดับความดัน
7. หลอดคาพิลลารี่ (Capillary tube)
8. หลอดนำก๊าซ
9. ภาชนะบรรจุผลิตผล
10. ทางอากาศออก



ภาพที่ 5 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ

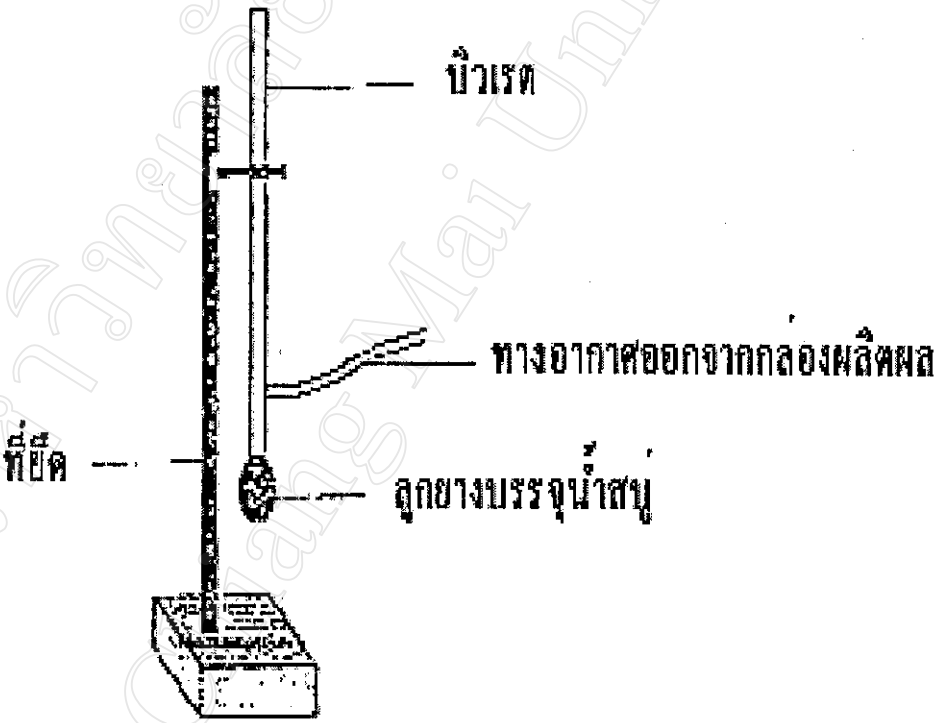
หลักการทำงานของชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ คือเมื่อให้อากาศจากเครื่องสูบลมผ่านเข้าทางช่องอากาศเข้า (2) การไหลของอากาศจะแยกออกเป็น 3 ทาง คือ ผ่านไปเข้าสู่น้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ(3) หรือผ่านเข้าไปในหลอดบรรจุน้ำ (5) หรือออกไปทางหลอดคาพิลลารี่ (7) แล้วออกสู่ภาชนะบรรจุผลิตผล (9) กรณีอากาศที่ผ่านเข้ามามีแรงดันต่ำ อากาศส่วนใหญ่จะไหลไปทางหลอดคาพิลลารี่เพราะไม่สามารถดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) หรือในขวดแก้ว (5) ได้ แต่เมื่อเพิ่มความดันของอากาศที่ผ่านมาให้มากขึ้น อากาศจะออกทางหลอดคาพิลลารี่ไม่ทัน เพราะมีช่องขนาดเล็ก อากาศจะดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) ให้ต่ำลง และดันน้ำในหลอดแก้ว (5) ขึ้นไปตามหลอดแก้วแสดงระดับความดัน (6) ซึ่งจะสูงเท่ากับความดันของอากาศที่

ผ่านเข้ามาในขณะนั้น ถ้าความดันอากาศเพิ่มขึ้นจะดันน้ำในหลอดแก้ว (3)ให้ต่ำลงจนเห็นเป็นฟองอากาศออกมา ซึ่งน้ำในหลอดแก้วแสดงระบบความดัน (6) จะมีระดับสูงสุด เพราะช่องอากาศส่วนเกินจะเล็ดลอดออกไปทางปลายหลอดแก้วระบายอากาศ

2.16 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ (air flow meter) (ภาพที่ 6)

ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ ประกอบด้วย

1. ทางอากาศเข้า
2. บิวเรต (burette)
3. ลูกยางบีบ



ภาพที่ 6 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

หลักการทำงานของเครื่องคือ เมื่อต่อสายยางที่มีอากาศผ่านจากหลอดคาพิลลารี่ในชุดแผงควบคุมอัตราการไหลเข้ากับชุดวัดอัตราการไหลของอากาศแล้ว เมื่อบีบลูกยางให้น้ำสบู่ไหลขึ้นไป

ปิดทางอากาศออก ขณะที่อากาศไหลจากหลอดคาพิลลารี่เข้าสู่บิวเรตอากาศจะดันน้ำสบู่ให้เป็นฟองไหลออกไปตามบิวเรต วัดอัตราการไหลของอากาศโดยจับเวลาการเคลื่อนที่ของฟองสบู่แล้วคำนวณเป็นอัตราส่วนการไหล มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที

2.17 เครื่องสำหรับใช้วัดปริมาณก๊าซ CO_2 และ O_2 (CO_2–O_2 Gas Analyzer) รุ่นMGA-100 ของบริษัท Eyela วัดโดยนำสายยางที่เป็นท่ออากาศออกของกล่องบรรจุผลสตรอเบอรี่ที่ต้องการหาอัตราการหายใจมาต่อเข้ากับเครื่องวัด Gas Analyzer ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.18 เวอร์เนีย (Vernier Caliper) ของบริษัท Japan micrometer

2.19 เครื่องให้แสงสตรอเบอรี่ ภาพที่ 7 ประกอบด้วย

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเย็น (cool white fluorescent) บริษัท Phillips รุ่น 'TLD' 18W/54
- ชั้นวางผลิตผลขณะให้แสง ประกอบเข้ากับตู้เย็น

ก.

ข.

ค.

ภาพที่ 7 เครื่องให้แสงสตรอเบอรี่ (ก) ตู้เย็น (ข) สตรอเบอรี่ที่ให้แสง (ค) สตรอเบอรี่ที่ไม่ให้แสง

2.20 เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- Volumetric flask
- กระบอกตวง
- บิวเรต
- ปิเปต
- กรวยกรอง
- แท่งแก้วคนสารละลาย
- ช้อนตักสารเคมี

2.21 สารเคมีและวิธีการเตรียมสารเคมี

สารเคมีที่ใช้หาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, Merck) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มล.

สารเคมีที่ใช้หาปริมาณวิตามินซี

- กรดออกซาลิก (oxalic acid, Merck) กรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่งกรดออกซาลิกมา 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มล.

- 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล (2,6- dichlorophenol indophenol, Merck) ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่ง 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอลมา 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มล. แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

- กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (ascorbic acid, Merck) ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.05 กรัม ละลายในกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มล. (ความเข้มข้นกรดแอสคอร์บิก 1 มิลลิกรัม/มล.) ไปเปตสารละลายมา 1 มล. แล้วนำไปไตเตรตกับ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์จนถึงจุดยุติ แล้วบันทึกปริมาตร 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอลที่ใช้ไป เพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

สารเคมีที่ใช้หาปริมาณน้ำตาล

- Carrez I เตรียมโดยชั่ง zinc acetate dihydrate, Merck มา 21.9 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วเติมกรดอะซีติก (glacial) 3 กรัม แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

- Carrez II เตรียมโดยชั่งโปแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ มา 10.6 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

- Fehling's solution No.1 เตรียมโดยชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$, Kanto) มา 69.278 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มล.

- Fehling's solution No.2 เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ มา 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วเติมโซเดียมโปแตสเซียมทาร์เตรต ($NaH_4KC_4O_6.4H_2O$, Merck) (Rochell salt) 346 กรัม แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มล.

Fehling's solution No.1 และ Fehling's solution No.2 ต้องเตรียมแยกกันและเก็บใส่ขวดสีชา เมื่อต้องการใช้ให้ผสมสารละลายทั้งสองนี้ในปริมาตรเท่ากัน (1:1) ทันทีก่อนใช้

- สารละลายเมทธิลีนบลู เตรียมความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่งเมทธิลีนบลู (Merck) 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เตรียมความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Merck) 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

สารเคมีที่ใช้หาปริมาณแอนโธไซยานิน

- กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1.5 นอร์มัล เตรียมโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 62.107 มล. เติมลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

- เอทธาโนลิกไฮโดรคลอริก (เอทธานอล : กรดไฮโดรคลอริก) ใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ กรดไฮโดรคลอริก 1.5 นอร์มัล ผสมกันในอัตราส่วน 85:15 แล้วเก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส)

สถานที่ทำการวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. งานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง ภายในคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลสตรอเบอรี่ที่ระยะพัฒนาสีต่างกัน

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ โดยสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 และระยะความสุกของผลสตรอเบอรี่ ที่เก็บเกี่ยวต่างๆ กัน คือ สีผิวเปลี่ยนเป็นสีแดง 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8) แต่ละวิธีการมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยผลสตรอเบอรี่ 25 ผล

พันธุ์พระราชทาน 50

พันธุ์พระราชทาน 70

ภาพที่ 8 ระยะความสุกของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวพิจารณาจากสีผิวที่เปลี่ยนเป็นสีแดง 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วิธีการทดลอง

สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 ขนส่งโดยรถของมูลนิธิโครงการหลวง มาที่งานคัดบรรจุเชียงใหม่ ภายในคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เวลาประมาณ 13.00-15.00 น ซึ่งสตรอเบอรี่ทั้งสองพันธุ์มาจากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ นำสตรอเบอรี่มาตรฐานชั้น 3 ที่บรรจุในถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) ซึ่งมีผลสตรอเบอรี่ 25 ผลต่อหนึ่งถาดหรือน้ำหนักเท่ากับ 250 กรัม นำผลสตรอเบอรี่มาคัดระยะความแก่ของผลตามต้องการคือ ระยะที่มีผิวเปลี่ยนเป็นสีแดง 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เตรียมตัวอย่างจำนวน 3 ถาดต่อระยะความแก่ของแต่ละพันธุ์ กำหนดให้หนึ่งถาดคือหนึ่งซ้ำ แล้วนำสตรอเบอรี่ที่คัดความแก่ผลแล้วมาสังเกตลักษณะทางกายภาพ ดังนี้ รูปร่างผล สีผิว สีเนื้อ สีเมล็ด ตำแหน่งเมล็ด ความแน่นของแกนกลางผล วัดขนาดผล ความแน่นเนื้อ และนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซีปริมาณน้ำตาล ปริมาณแอนโธไซยานิน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีการต่างๆ ดังนี้

การบันทึกข้อมูล

ก. การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ

1. **สังเกตรูปร่างผล** โดยให้คะแนนดังนี้ กลมแบน กลม กลมปลายแหลม กรวย กรวยยาว กรวยยาวมีคอ ลิ่มยาว และ ลิ่มสั้น
2. **วัดความกว้าง ความยาว และ ความหนาของผล** โดยวัดด้วยเวอร์เนีย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร
3. **สังเกตสีผิว** ดังนี้ ขาว ชมพู ส้ม แดงสดและแดงเข้ม แดงอมส้ม
4. **สังเกตสีเนื้อ** ดังนี้ ขาว ชมพู ส้ม แดงอมส้ม แดง และ แดงเข้ม
5. **ลักษณะเนื้อกลางผล**(แกนกลาง) ผ่าครึ่งตามยาวแล้วสังเกตเนื้อกลางผลดังนี้ แน่น ปานกลาง และ หลวม (กลวง)
6. **สังเกตสีของเมล็ด** ดังนี้ เขียว เหลืองอมเขียว เหลือง ชมพู ส้ม แดง น้ำตาล และดำ
7. **สังเกตตำแหน่งเมล็ด** ดังนี้ นูน เสมอ หรือต่ำ (จม) กว่าระดับผิวผล
8. **ความแน่นเนื้อ** วัดโดยใช้เครื่องมือวัดความแน่นเนื้อผลไม้ของบริษัท Kiya Seisakusho รุ่น UB ขนาด 1 กรัม ซึ่งมีส่วนหัวรูปร่างทรงกระบอก สำหรับแทงลงในเนื้อผลสตรอเบอรี่ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเท่ากับ 5 มม. และยาว 10 มม. โดยวัดบริเวณกลางผลละ 1 ครั้ง

ข. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

1. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ วัดโดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ รุ่น N1 ของบริษัท ATAGO (0-32 องศาบริกซ์) โดยใช้น้ำของสตรอเบอรี่ที่ปั่นรวมกันมาหยดลงบนแผ่นปริซึมของเครื่องมือ

2. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ นำผลสตรอเบอรี่มาปั่นรวมกัน โดยใช้เครื่องปั่นของบริษัท Moulinex รุ่น S (648) นาน 3 นาที แล้วนำของเหลวที่ปั่นได้น้ำหนัก 25 กรัม มาเติมน้ำกลั่น 100 มล. แล้วจึงไปไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างของบริษัท Hanna รุ่น HI 9021 จนสารละลายมีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.2 แล้วจึงคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Titrable acidity} = \text{normality of NaOH} \times \text{equi. wt. of acid} \times \text{vol. NaOH} \times \frac{100}{25}$$

3. ปริมาณวิตามินซี ปริมาณวิตามินซีในผลสตรอเบอรี่ วิเคราะห์โดยวิธีการไตเตรตชันด้วยสารละลายอินโดฟีนอล นำของเหลวที่ปั่นได้มา 10 มล. แล้วเติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาณของเหลวเท่ากับ100 มล .กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ชั่งสารละลายที่กรองได้มา 10 กรัม แล้วเติมกรดออกซาลิกให้ครบ 40 มล. แล้วจึงนำไปไตเตรตกับ 2, 6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะทำให้สารละลายมีสีชมพูคงตัวอยู่นานประมาณ 15 วินาที คำนวณหาปริมาณวิตามินซีโดยใช้วิตามินซีมาตรฐานมาไตเตรตกับ 2, 6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีลนอล

โดยคำนวณตามสูตร (Ranganna, 1977)

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{a \times 0.001 \times 100 \times 1000}{b \times c}$$

a = ปริมาตร 2, 6- ไดคลอโรฟีนอล อิน โดฟีนอล ที่ใช้ในการไตเตรตกับสารตัวอย่าง

b = ปริมาตร 2, 6- ไดคลอโรฟีนอล อิน โดฟีนอล ที่ใช้ในการไตเตรตกับวิตามินซีมาตรฐาน

c = น้ำหนักสารตัวอย่าง (กรัม)

4. การวิคราะห์หาปริมาณน้ำตาล

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยอาศัยหลักการเป็นสารรีดิวซิงของน้ำตาล ชั่งน้ำปั่นสตรอเบอรี่มา 25 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 300 มล. แล้วเติมสารละลาย carrez I และ carrez II อย่างละ 10 มล. หลังจากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล. ด้วยน้ำกลั่น ตั้งสารละลายไว้จนกระทั่งตกตะกอน แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารละลายมาไตเตรตหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง โดยนำสารละลายที่กรองได้ใส่ในบิวเรตชนิดปลายงอใช้สำหรับวิเคราะห์หาน้ำตาล ไล่ฟองอากาศออกให้หมด โดยเฉพาะบริเวณที่ปลายแท่งงอ ไปเปตสารละลาย Fehling's reagent มา 10มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล. ใส่ glass balls 4-5 เม็ด และเมื่อสารละลาย Fehling's reagent เดือดแล้วไตเตรตสารละลายตัวอย่างกับสารละลาย Fehling's reagent บนตะเกียงบุนเซนขณะสารละลายเดือด เมื่อใกล้จุดยุติ คือ สารละลายเริ่มเปลี่ยนสีให้หยดเมทธิลีนบลู 1 เปอร์เซ็นต์ 1 หยด เพื่อสังเกตจุดยุติซึ่งสารละลายตัวอย่างมีตะกอนสีส้มแดงไตเตรตให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที (ตั้งแต่สารละลายเริ่มเดือดจนสารละลายมีตะกอนสีส้มแดง) ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการหาปริมาณน้ำตาลที่ใช้ อยู่ในช่วง 15- 50 มล. แล้วทำซ้ำใหม่ 1 ครั้งเพื่อให้ได้ปริมาตรที่แน่นอน บันทึกปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการไตเตรต แล้วหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงจากตารางน้ำตาลอินเวอร์ตที่ใช้ Fehling's reagent ปริมาตร 10 มล.

การหาปริมาณน้ำตาลซูโครส โดยการนำสารละลายตัวอย่างส่วนที่เหลือมา 70 มล. แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 5 มล. ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายมาปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งกระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แล้วปรับปริมาตรสารละลายให้ครบ 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายไปไตเตรตกับสารละลาย Fehling's reagent ตามวิธีหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำตาลซูโครส โดยใช้สูตรที่ใช้คำนวณดังนี้

เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส = เปอร์เซ็นต์ของผลต่าง $(D_2-D_1) \times 0.95$

D_1 = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวอร์ตก่อนทำการอินเวอร์ชั่น

D_2 = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวอร์ตหลังทำการอินเวอร์ชั่น

5. ปริมาณแอนโธไซยานิน

วิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานิน ตามวิธีการของ Ranganna (1977) โดยหั่นผิวสตรอเบอรี่ให้มีความหนาประมาณ 3 มม. แล้วนำมาหั่นให้ละเอียด สกัดปริมาณแอนโธไซยานินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

นำผิวสตรอเบอรี่มา 1 กรัม หั่นละเอียด

↓ เติม ethanolic HCl ปริมาตร 25 มล.

เปลี่ยนสารละลายทุก 3 ชั่วโมงจนผิวสตรอเบอรี่ไม่มีสี

↓ กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1

นำสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดมารวมกัน

↓ ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย ethanolic HCl ให้ได้ปริมาตร 100 มล.

วัดค่าดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

นำค่า OD ที่ได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดมีหน่วยเป็นมล./100 กรัม น้ำหนักสด

สูตรที่ใช้คำนวณคือ

$$\text{Total Absorbance} = \frac{\text{Absorbance at 535 nm x final volume x 100}}{\text{Weight (g.)}}$$

$$\text{Total Anthocyanin content} = \frac{\text{Total Absorbance}}{98.2}$$

6. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

6.1 การยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยการทดสอบชิมใช้ผู้ทดสอบทั่วไปชิมจำนวน 10 คน ชิมตัวอย่างสตรอเบอรี่โดยผู้ทดสอบชิมไม่ทราบว่าตัวอย่างสตรอเบอรี่คือสตรอเบอรี่สายพันธุ์ใด กำหนดให้คะแนนของการยอมรับดังนี้

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

6.2 การประเมินกลิ่นสตรอเบอรี่ โดยการชิม ให้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 10 คน ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนไม่ทราบว่าตัวอย่างสตรอเบอรี่เป็นสายพันธุ์ใด และกำหนดคะแนนของกลิ่นสตรอเบอรี่ดังนี้

ระดับที่ 1 = ไม่หอม
ระดับที่ 2 = หอมเล็กน้อย
ระดับที่ 3 = หอมปานกลาง
ระดับที่ 4 = หอมมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดลองที่ 2 ผลของแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อการพัฒนาสีของผลสตรอเบอรี่

วางแผนการทดลอง แบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ มี 3 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 พันธุ์สตรอเบอรี่ 2 พันธุ์ คือ พระราชทาน 50 และ 70

ปัจจัยที่ 2 ระยะเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอรี่ 2 ระยะ คือ ระยะสีผิวเป็นสีแดง 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ 3 การให้แสง และ การไม่ให้แสง

วิธีการทดลอง

สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มาจากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ขนส่งโดยรถของมูลนิธิโครงการหลวงมาที่งานคัดบรรจุเชียงใหม่ ภายในบริเวณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เวลาประมาณ 13.00-15.00 น. โดยนำสตรอเบอรี่มาตรฐานชั้น 3 มาคัดให้มีระยะความแก่ของผลเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ผลมีสีผิวเป็นสีแดง 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในถาดโฟมขนาด 13x18x1.5 ซม. เรียงชั้นเดียวแล้วหุ้มด้วยพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ถาดต่อระยะความแก่ในแต่ละพันธุ์ กำหนดให้หนึ่งถาดคือหนึ่งซ้ำและใช้ผลสตรอเบอรี่จำนวน 25 ผลต่อซ้ำ นำสตรอเบอรี่ที่คัดความแก่แล้วมาให้แสงที่ความเข้มแสง 18 W/m^2 ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตัวอย่างอีกชุดหนึ่งนำมาเก็บในตู้เย็นที่ไม่ให้แสง (ที่มืด) ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสตรอเบอรี่ทั้งสองชุดมาบรรจุลงในกล่องกระดาษขนาดเล็ก (29x41.8x9 ซม.) ที่ใช้บรรจุสตรอเบอรี่เพื่อจำหน่ายของมูลนิธิโครงการหลวง แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จนหมดอายุการเก็บรักษา ตรวจสอบคุณภาพทุกวัน โดยวัดความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแอนโธไซยานิน และการประเมินทางประสาทสัมผัส ตามวิธีการในการทดลองที่ 1 และบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีผิวภายนอกและภายในสังเกตความสดของกลีบเลี้ยง และสังเกตเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกการเปลี่ยนแปลงสีผิว การเปลี่ยนแปลงสีผิวภายนอก วัดบริเวณกลางผล และการเปลี่ยนแปลงสีผิวภายใน โดยการวัด 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณต่ำกว่าชั้นผิว 2 มม. บริเวณเนื้อผล (cortex) และบริเวณแกนกลางผล (pith) โดยใช้เครื่อง Chromameter บันทึกค่าในระบบ CIELAB (L*, a*, b*) คำนวณหาค่า chroma และ hue angle จากสมการดังนี้ (McGuire, 1992 ; Voss, 1992)

$$\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{hue angle} = \text{arctangent}\,(b^*/a^*)$$

2. บันทึกความสดของกลีบเลี้ยง พิจารณาจากความสดเต่งและสีเขียว โดยใช้ดัชนีจาก 1-5 ดังนี้

1 = เขียวและสด

2 = เขียวและเริ่มเหี่ยว

3 = เขียวอมเหลืองและเหี่ยว

4 = เหลืองและเหี่ยว

5 = น้ำตาลและเหี่ยว

3. บันทึกเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย โดยนับผลที่แสดงอาการของโรคและเน่าเสียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อถาด ดังนี้

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

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การทดลองที่ 3 อัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์

วิธีการทดลอง

วัดอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Claypool and Keefer (1942) สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ70 จากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ขนส่งโดยรถของมูลนิธิโครงการหลวง มาที่งานคัดบรรจุเชียงใหม่ ในสภาพผลสตรอเบอรี่ที่บรรจุในถาดพลาสติก แล้วหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ซึ่งบรรจุ 8 ถาดต่อหนึ่งกล่อง การทดลองนี้ใช้ผลสตรอเบอรี่มาตรฐานชั้น 3 มีจำนวนผลสตรอเบอรี่ 25 ผลต่อหนึ่งถาด ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 250 กรัม มาคัดความสุกของผลที่ระยะพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำผลสตรอเบอรี่ที่จำนวน 500 กรัม มาบรรจุลงกล่องพลาสติกขนาด 173x27x11 ซม. นำกล่องพลาสติกต่อกับชุดแผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศ (ภาพที่ 6) วัดอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ทุกวันจนกว่าจะหมดอายุการเก็บรักษา โดยการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง CO_2-O_2 gas analyzer

การบันทึกข้อมูล

คำนวณอัตราการหายใจโดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการหายใจ (มิลลิกรัม } CO_2 \text{ / กก./ชม.)} = \frac{60 \times \text{flow rate (ml/min.)} \times \%\ CO_2 \times 1.78}{\text{wt. (kg)} \times 100}$$