บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1.วัสดุพันธุ์พืช

ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลีฟที่ปลูกในระบบปกติและปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งเก็บเกี่ยวในระยะความแก่ทางการค้า จากมูลนิธิโครงการหลวงอินทนนท์ อำเภอจอมทอง และมูลนิธิโครงการหลวงหนองหอย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ บรรจุตะกร้าพลาสติกรองด้วยกระดาษบรู๊ฟสีขาว แล้วขนส่งมาโดยรถบรรทุกธรรมดาของมูลนิธิโครงการหลวงมาที่งานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง นำส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยรถขนส่งของมูลนิธิโครงการหลวง แล้วนำมาทำการทดลองทันที

2.อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

2.1 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น EK-600H ของบริษัท AND Company ประเทศญี่ปุ่น ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 600 กรัม และแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น HR-200H ของบริษัท AND Company ประเทศญี่ปุ่น ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 210 กรัม

2.2 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (digital refractometer) รุ่น PR-101 ของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น อ่านค่าได้ในช่วง 0-45 เปอร์เซ็นต์

2.3 เครื่องปั่นผลไม้ (blender) รุ่น S(643) ของบริษัท Moulinex ประเทศสเปน

2.4 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH-meter) รุ่น CG842 ของบริษัท SCHOTT GLAS Mainz ประเทศเยอรมัน

2.5 เครื่องกวนสารเคมีด้วยแท่งแม่เหล็กและให้ความร้อน รุ่น SP-18420-26 ของบริษัท Nuova II ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.6 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (digital spectrophotometer) รุ่น Spectro 23 ของบริษัท LaboMed ประเทศสหรัฐอเมริกา และเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (thermo spectronic) รุ่น GENESYS 10 UV scanning ของบริษัท Ken Qauty ประเทศสหรัฐอเมริกา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 เครื่อง centrifuge รุ่น Z383K ของบริษัท HERMLE หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงสุดที่ 15,000 รอบต่อนาที

2.8 เครื่องวัดสี (Chroma meter) รุ่น CR-300 ของบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น หัววัด รุ่น CR-310 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ซึ่งวัดสีออกมาเป็นค่า L*, a* และ b* โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ (ภาพที่ 1 และ 2)

L* = The lightness factor (value)

ค่า L* แสดงค่าความสว่าง

- มีค่าความสว่างมากเมื่อมีค่าใกล้ 100
- มีค่าความมืดมากเมื่อมีค่าใกล้ 0

a*, b* = The chromaticity coordinates (hue, chroma)

ค่า a* - มีค่าบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง

- มีค่าลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

ค่า b* - มีค่าบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง

- มีค่าลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

ค่า a* และ b* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60

ทั้ง a* และ b* หากมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง วัตถุมีสีเทา

ค่า chroma - มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง (เทา)

- มีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม

คำนวณหาค่า chroma ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความอิ่มตัวของสี (McGuire, 1992)

ค่า hue angle (h°) เป็นค่าที่แสดงถึงมุมในการตกกระทบของค่า a* ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา จากสมการดังนี้ (McGuire, 1992) THETA = (arctangent (b*/a*)/6.2832*360)

ถ้า $a > 0$ และ $b > 0$; ค่า h° = THETA

ถ้า $a < 0$ และ $b < 0$; ค่า h° = THETA + 180

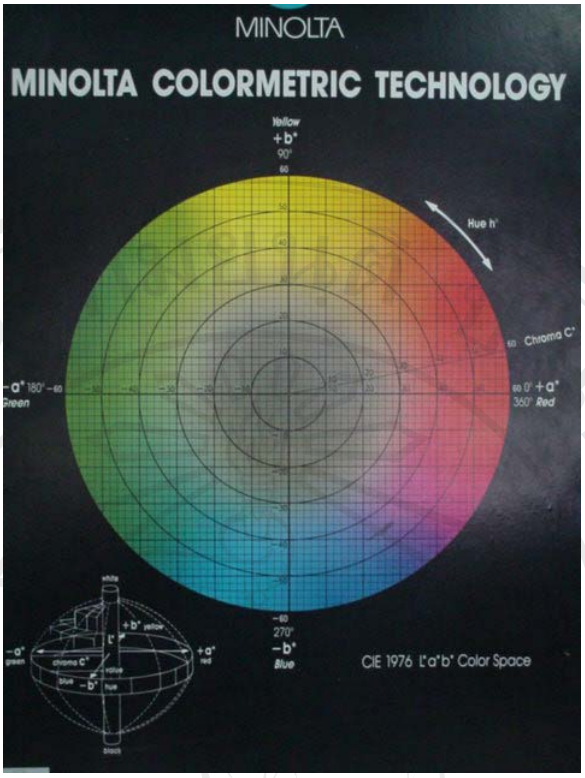
ถ้า $a < 0$ และ $b > 0$; ค่า h° = THETA + 180

ถ้า $a > 0$ และ $b < 0$; ค่า h° = THETA + 360

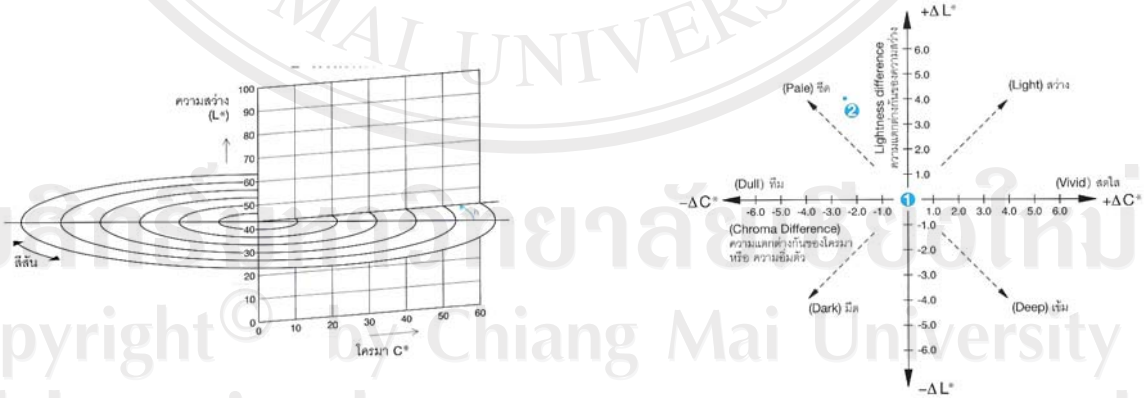
ค่า h° เป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุ คือ

0-45	องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง	180-225	องศา แสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงิน
45-90	องศา แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง	225-270	องศา แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน
90-135	องศา แสดงสีเหลืองถึงเหลืองเขียว	270-315	องศา แสดงสีน้ำเงินถึงม่วง
135-180	องศา แสดงสีเหลืองเขียวถึงเขียว	315-360	องศา แสดงสีม่วงถึงม่วงแดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 แผนภาพของสีที่อ่านค่าเป็นค่า L*, a* และ b*



ภาพที่ 2 ค่าความอิ่มตัว (chroma) และความสว่าง (lightness) ของสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.9 Water bath รุ่น WB 10 ของบริษัท Memmert ประเทศเยอรมัน

2.10 เครื่องปั่น Spinner สำหรับทำให้ผักใบสะเด็ดน้ำ รุ่น C-2222 ของบริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด

2.11 Micropipette ขนาด 1,000 ไมโครลิตร รุ่น M20813J ของบริษัท GILSON ประเทศฝรั่งเศส

2.12 กระดาษกรอง Whatman No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ของบริษัท Whatman International ประเทศอังกฤษ

2.13 เครื่อง Vortex-Genie 2 รุ่น G-560E ของบริษัท Scientific Industries ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.14 ตู้เย็นอุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส รุ่น LC203LD ของบริษัท LAW-CHAIN ประเทศไทย

2.15 หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ (Autoclave) รุ่น HL-300 ของบริษัท Memmert

2.16 ตู้ถ่ายเชื้อ รุ่น AS1324 ของบริษัท Standards Australia

2.17 กล้องถ่ายรูปรุ่น Cyber-shot 2.1 ของบริษัท SONY ประเทศญี่ปุ่น

2.18 ตู้อบไมโครเวฟ (microwave) รุ่น EMO-900T ของบริษัท Sanyo

2.19 Syringe ขนาด 100 ไมโครลิตร ของบริษัท Hamilton ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.20 นาฬิกาจับเวลา ของบริษัท CASIO

2.21 เขียงพลาสติก

2.22 Oven

2.23 มีดทำครัว

2.24 ชั้นวางหลอดทดลอง

2.25 ตู้ UV

2.26 เครื่อง Gas chromatography รุ่น GC-8A ของบริษัท SHIMADZU Corporation ประเทศญี่ปุ่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Detector : Thermal conductivity detector (TCD)

- Column : Molecular Sieve 5A 80/100 ท่อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 2 เมตร อุณหภูมิสูงสุด 350 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์แก๊สออกซิเจน และ Parapak Type N80/100 ท่อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร อุณหภูมิสูงสุด 190 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

- Injection temperature : 110 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- Column temperature : 70 องศาเซลเซียส

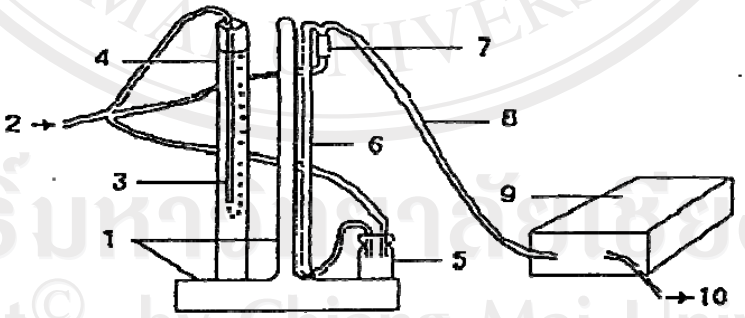
- Oven temperature : 110 องศาเซลเซียส

- Carrier gas : แก๊สฮีเลียม (Helium gas) มีอัตราการไหล 25 มิลลิลิตร/นาที

- Standard gas : แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ ในแก๊สไนโตรเจน

2.27 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ (flow board) สำหรับวัดอัตราการหายใจ (ภาพที่ 3) ประกอบด้วย

1. แผงและฐานไม้
2. ทางอากาศเข้า
3. หลอดแก้วระบายอากาศ
4. หลอดแก้วใหญ่บรรจุน้ำเต็ม
5. ขวดแก้วบรรจุน้ำ
6. หลอดแก้วแสดงระดับความดัน
7. หลอดรูเล็ก (capillary tube)
8. หลอดนำแก๊ส
9. ภาชนะบรรจุผลิตผล
10. ทางออกอากาศ



ภาพที่ 3 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ

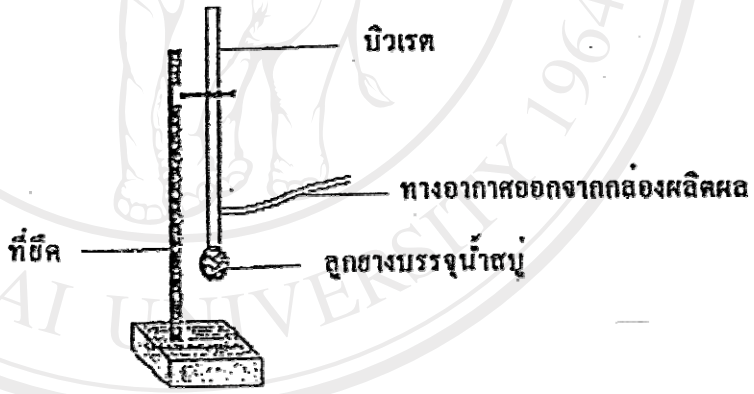
หลักการทำงานของชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ คือ เมื่อให้อากาศจากเครื่องสูบลมผ่านเข้าช่องอากาศเข้า (2) อากาศจะแยกออกเป็น 3 ทาง คือ ผ่านเข้าไปสู่น้ำในหลอดแก้วระบาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศ (3) หรือผ่านเข้าไปในขวดแก้วบรรจุน้ำ (5) หรือออกไปทางหลอดรูเล็ก (capillary tube) (7) แล้วออกสู่ภาชนะบรรจุผลิตผล (9) กรณีที่อากาศผ่านเข้ามามีแรงดันต่ำอากาศส่วนใหญ่จะไหลไปทางหลอดรูเล็ก (capillary tube) เพราะไม่สามารถดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) หรือในขวดแก้ว (5) ได้ แต่เมื่อเพิ่มความดันของอากาศที่ผ่านเข้ามาให้มากขึ้น อากาศจะออกทางหลอดรูเล็ก (capillary tube) ไม่ทัน เพราะมีช่องขนาดเล็ก อากาศจะดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) ให้ต่ำลง และดันน้ำในขวดแก้ว (5) ขึ้นไปตามหลอดแก้วแสดงระดับความดัน (6) ซึ่งจะสูงเท่ากับระดับความดันของอากาศที่ผ่านเข้ามาในขณะนั้น ถ้าความดันอากาศเพิ่มขึ้นจะดันน้ำในหลอดแก้ว (3)ให้ต่ำลงจนเห็นเป็นฟองอากาศออกไปที่ปลายหลอดแก้วระบายอากาศ (3)

2.28 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ (air flow meter) (ภาพที่ 4) ประกอบด้วย

- ทางอากาศเข้า
- บิวเรตต์ (burette)
- ลูกยางบรรจุน้ำสบู่



ภาพที่ 4 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

หลักการทำงานของเครื่อง คือ เมื่อต่อสายยางที่มีอากาศผ่านจากหลอดรูเล็ก (capillary tube) ในชุดแผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้ากับชุดวัดอัตราการไหลของอากาศแล้ว เมื่อบีบลูกยางให้น้ำสบู่ไหลขึ้นไปปิดทางอากาศออก ขณะที่อากาศไหลออกจากหลอดรูเล็ก (capillary tube) เข้าสู่บิวเรตต์ อากาศจะดันน้ำสบู่ให้เป็นฟองไหลออกไปตามบิวเรตต์ วัดอัตราการไหลของอากาศโดยจับเวลาการเคลื่อนที่ของฟองสบู่ แล้วคำนวณเป็นอัตราไหลของอากาศมีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.29 เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์ (beaker)
- ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)
- ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)
- กระบอกตวง (cylinder)
- บิวเรตต์ (burette)
- ปิเปตต์ (pipette)
- หลอดหยด (dropper)
- แท่งแก้วคนสารละลาย (stirrer)
- กรวยกรอง
- ช้อนตักสารเคมี
- หลอดทดลอง
- โกร่งบด
- จานเลี้ยงเชื้อ (plate)
- cork borer

3. สารเคมีและวิธีการเตรียมสารเคมี

3.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

- สารละลายอะซิโตน (acetone) ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยตวงอะซิโตนมา 800 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

3.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

- กรดออกซาลิก (Oxalic acid : $C_2H_2O_4.2H_2O$, เกรด AR ของบริษัท Ajax Chemicals ประเทศออสเตรเลีย) ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่งกรดออกซาลิก 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

- 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล (2,6-Dichlorphenol-indophenol : $C_{12}H_6Cl_2NO_2Na$, เกรด AR ของบริษัท SIGMA Chemicals ประเทศสหรัฐอเมริกา) ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่ง 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล 0.4 กรัม ละลายน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (L-Ascorbic acid : $C_6H_8O_6$, เกรด GR ของบริษัท Merck KGaA ประเทศเยอรมัน) เตรียมโดยชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.05 กรัม ละลายในกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิกให้ครบ 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร/มิลลิลิตร) ปิเปตต์มา 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติ (สารละลายเป็นสีชมพู) แล้วบันทึกปริมาตรของ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ที่ใช้ไป โดยทำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

3.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

- เอทานอล ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเตรียมจากเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 842.1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

- สารละลายมาตรฐานของไนเตรทโดยใช้โซเดียมไนเตรท (Sodium nitrate: $NaNO_3$ ของบริษัท UNIVAR ประเทศออสเตรเลีย) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล เตรียมโดยชั่งสารโซเดียมไนเตรท 0.425 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

- กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid : HOC_6H_4COOH ของบริษัท UNIVAR ประเทศออสเตรเลีย) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยทำการชั่งกรดซาลิไซลิก 5 กรัม ละลายในกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid ของบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน) แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดซัลฟิวริกให้ครบ 100 มิลลิลิตร

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ของบริษัท UNIVAR ประเทศออสเตรเลีย) ความเข้มข้น 2 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งสารละลายโซเดียม 80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

3.4 สารเคมีที่ใช้หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

- สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ใช้สารละลายเจือจาง ตัวอย่าง เตรียมโดยชั่งเปปโตน (peptone, Becton and Dickinson Company) มา 1 กรัม และมีเกลือแกง (sodium chloride, Becton and Dickinson Company) ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่งเกลือแกงมา 5 กรัม เติมลงในสารละลายเปปโตนผสมให้ละลายเข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร นำสารละลายที่ได้ใส่ขวดแก้วทนความร้อนแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar เตรียมโดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อมา 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ใส่ในขวดแก้วทนความร้อน แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น ซึ่งในสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่เตรียมได้ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ ต่อสารละลาย 1 ลิตร ดังนี้

Pancreatic Digest of Casein	5	กรัม
Yeast Extract	2.5	กรัม
Dextrose	1.0	กรัม
Agar	15.0	กรัม

สถานที่ทำการวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf

วางแผนการทดลอง แบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย จำนวน 2×4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 หัว ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตผัก 2 แบบ คือ ผักที่ปลูกในระบบปกติ และผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิของการเก็บรักษา 4 ระดับ คือ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)

ชุดควบคุม คือ ผักที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง

วิธีการทดลอง

นำผักกาดหอมที่ปลูกในระบบปกติและระบบไฮโดรโพนิกส์จากมูลนิธิโครงการหลวงอินทนนท์ ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้า ในช่วงเดือนมีนาคม มาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอ ตัดแต่งเอาใบที่ถูกทำลายด้วยโรคและแมลงหรือชอกช้ำออกทิ้งประมาณ 4-5 ใบ ตัดรากของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ออก นำผักกาดหอมบรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน เจาะรูให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร จำนวน 9 รู เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีทุกๆ วัน จนหมดอายุการเก็บรักษา

การบันทึกผลการทดลอง

การประเมินคุณภาพทางกายภาพ

1. ลักษณะปรากฏ บันทึกโดยการให้คะแนนลักษณะปรากฏตามระดับคะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน 1 ใบมีความสดอยู่ระหว่าง 0–20 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวมาก มีสีเหลือง มีรอยช้ำ และเน่า)

ระดับคะแนน 2 ใบมีความสดอยู่ระหว่าง 21–40 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวมากและมีสีเหลือง)

ระดับคะแนน 3 ใบมีความสดอยู่ระหว่าง 41–60 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวและมีสีเหลือง* หมดอายุในการวางจำหน่าย)

ระดับคะแนน 4 ใบมีความสดอยู่ระหว่าง 61–80 เปอร์เซ็นต์ (ใบเริ่มเหี่ยว และเริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับคะแนน 5 ใบมีความสด 81-100 เปอร์เซ็นต์ (ใบมีสีเขียวสด)

2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

วัดโดยใช้เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง EK-600H นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก จากสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักภายหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

3. การเปลี่ยนสี

วัดโดยใช้เครื่อง Chroma meter รุ่น CR-300 หัววัด CR-310 ของบริษัท Minolta และใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยการวัด 1 ตำแหน่ง คือ แผ่นใบ ค่าที่ได้แสดงเป็น L*, a*, b* คำนวณหาค่า chroma และ hue angle จากสมการดังนี้ (McGuire, 1992 ; Voss, 1992)

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

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

การประเมินคุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในผักกาดหอมด้วยวิธี Indophenol โดยนำผักกาดหอมที่ปั่นได้มา 10 กรัม แล้วเติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารละลายที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปไทเทรตกับ 2,6–ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพูประมาณ 15 วินาที แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีโดยใช้ปริมาณ 2,6–ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ที่ใช้กับสารตัวอย่าง เทียบกับ 2,6–ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน โดยคำนวณตามสูตร (Ranganna, 1977)

ปริมาตร indophenol dye a มิลลิลิตร มี ascorbic acid เท่ากับ 1 มิลลิกรัม (จาก standard)

ปริมาตร indophenol dye a มิลลิลิตร มี ascorbic acid เท่ากับ (1 × b) / a มิลลิกรัม

(จากสารละลายตัวอย่าง) เท่ากับ c มิลลิกรัม

สารละลาย 10 มิลลิลิตร มี ascorbic acid เท่ากับ c มิลลิกรัม

สารละลาย 100 มิลลิลิตร มี ascorbic acid เท่ากับ (c ×100) /10 มิลลิกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ d มิลลิกรัม

เนื้อตัวอย่าง 10 กรัม มี ascorbic acid เท่ากับ d มิลลิกรัม

เนื้อตัวอย่าง 100 กรัม มี ascorbic acid เท่ากับ (d × 100) / 10 มิลลิกรัม

เท่ากับ e มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด

2. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids ; TSS)

โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (digital refractometer) รุ่น PR-101 ของบริษัท ATAGO อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 เปอร์เซ็นต์ โดยอ่านค่าจากน้ำของผักกาดหอมที่ปั่นรวมกัน

3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามวิธีการของ Witham *et al.* (1971)

นำส่วนของใบผักกาดหอมที่เป็นสีเขียว น้ำหนัก 1 กรัม บดในโกร่งบด ขณะบดเติมสารละลายอะซิโตนความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ลงไปเล็กน้อย เพื่อให้การบดง่ายและสะดวกมากขึ้น เมื่อบดละเอียดแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายอะซิโตนให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 20 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (optical density, OD) ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectophotometer โดยใช้สารละลายอะซิโตนความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank บันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ ในรูปของปริมาณคลอโรฟิลล์มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ} = [12.7\,(OD_{663}) - 2.69\,(OD_{645})] \times \frac{V}{1{,}000 \times W}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์บี} = [22.9\,(OD_{645}) - 4.68\,(OD_{663})] \times \frac{V}{1{,}000 \times W}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด} = [20.2\,(OD_{645}) + 8.02\,(OD_{663})] \times \frac{V}{1{,}000 \times W}$$

โดยที่ V คือ ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์

W คือ น้ำหนักของผักกาดหอมที่นำมาสกัดคลอโรฟิลล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่อง Spectophotometer ตามความยาวคลื่นที่กำหนด

4. ปริมาณไนเตรท

การสกัดตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์ไนเตรท

1. ชั่งตัวอย่างพืชมา 4 กรัม บดในโกร่งบด เติมเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ลงไปเล็กน้อย แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ให้ครบ 14.4 มิลลิลิตร

2. นำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง ปิดปากหลอดทดลอง นำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

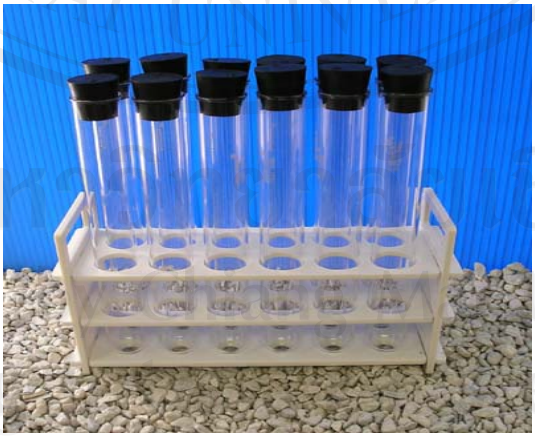
3. นำไปตกตะกอนที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4. นำสารละลายส่วนที่ใสมาปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ให้ครบ 25 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทโดยวิธี Calorimetric (Nishiwaki *et al*., 1994)

1. นำสารละลายมาตรฐานของไนเตรท (โซเดียมไนเตรท) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล ใส่ลงในหลอดทดลองจำนวน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครลิตร ตามลำดับ

2. เติมน้ำกลั่นลงในหลอดทดลองจำนวน 50, 40, 30, 20, 10 และ 0 ไมโครลิตร ตามลำดับ (ดังภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แสดงการเตรียมสารละลายมาตรฐานในการวิเคราะห์ไนเตรท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. นำสารสกัดตัวอย่างส่วนที่ใสมาจำนวน 40 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่น 10 ไมโครลิตร (ตัวเปรียบเทียบ นำเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 40 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่น 10 ไมโครลิตร)

4. เติมกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ 200 ไมโครลิตร ลงในหลอด standard และ sample ส่วนหลอด blank เติมกรดซัลฟิวริก 200 ไมโครลิตร

5. เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร

6. ตั้งไว้นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

7. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 นอร์มัล 5 มิลลิลิตร ทุกหลอด

8. เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร

9. รอประมาณ 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

10. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

วิธีการหาปริมาณไนเตรทจากการวิเคราะห์โดยวิธี Calorimetric method

1. ค่าที่วิเคราะห์ได้เป็นค่า Absorbance

2. ทำกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของไนเตรท (ppm) จะได้สมการเส้นตรงและค่า $R^2 \geq 0.99$

3. แทนค่า Absorbance ของตัวอย่างที่วัดได้ลงในสมการ $Y = ax + b$

4. หลักการคำนวณตามกฎของ Beer-Lambert's Law

น้ำหนักตัวอย่างแห้งหรือสด X กรัม มี NO_3^- อยู่ เท่ากับ $\frac{(\text{สารA ppm}) \times B \times C}{10{,}000 \times \text{น้ำหนักสด}}$

$= N\ \%$

$B = \frac{\text{ปริมาตรสุดท้าย (5,250 มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรสารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์}}$

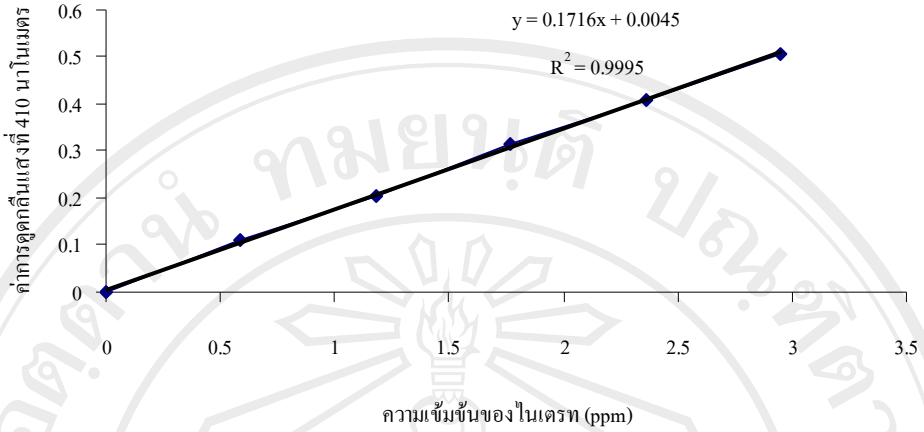
C = ปริมาตรสารละลายที่ได้จากการสกัดตัวอย่าง (25 มิลลิลิตร)

สารละลาย 100 กรัม มี NO_3^- อยู่ เท่ากับ $N \times 1{,}000$ มิลลิกรัม

สารละลาย 1 กรัม มี NO_3^- อยู่ เท่ากับ $(N \times 1{,}000)/100$ มิลลิกรัม

= N x 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 1 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 กราฟมาตรฐานของปริมาณไนเตรท

5. หลักเกณฑ์การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของผักกาดหอม

กำหนดให้ใบผักกาดหอมหมดอายุการเก็บรักษาเมื่อมีลักษณะปรากฏที่ระดับคะแนนเท่ากับหรือน้อยกว่า 3 คะแนน ซึ่งผักกาดหอมมีความสดอยู่ระหว่าง 41–60 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวและมีสีเหลือง)

การทดลองที่ 2 คุณภาพผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf พร้อมปรุง

วางแผนการทดลอง แบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย จำนวน 2×2 กรรมวิธี

กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 หัว ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตผัก 2 แบบ คือ ผักที่ปลูกในระบบปกติ และผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ปัจจัยที่ 2 การจุ่มสารละลายคลอรีน 2 ระดับ คือ ผักที่จุ่มสารละลายคลอรีน 100 ส่วนต่อล้านส่วนส่วน และผักที่ไม่จุ่มสารละลายคลอรีน

ชุดควบคุม คือ ผักที่ไม่จุ่มสารละลายคลอรีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดลอง

นำผักกาดหอมที่ปลูกในระบบปกติและระบบไฮโดรโพนิกส์จากมูลนิธิโครงการหลวงหนองหอยที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้า ในช่วงเดือนกรกฎาคม มาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอ ตัดแต่งเอาใบที่ถูกทำลายด้วยโรคหรือแมลงหรือชอกช้ำออกทิ้งประมาณ 4-5 ใบ แยกแต่

ละใบผักกาดหอมออก แล้วตัดส่วนโคนใบของผักกาดหอมขึ้นมาประมาณ 1 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณโคนของเส้นกลางใบมีความไวต่อการเกิดอาการจุดสีน้ำตาลแดงมาก (Ke and Saltveit, 1989 ; Loaiza-Velarde *et al*., 1997) หลังจากนั้นนำผักกาดหอมพร้อมปรุง ใส่ลงตะกร้าพลาสติกที่มีรูจุ่มลงในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน นาน 30 วินาที ให้สะเด็ดน้ำด้วยเครื่องปั่น Spinner สำหรับผักใบ ชุดควบคุม คือ ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายคลอรีน แล้วนำผักกาดหอมจากทุกกรรมวิธีบรรจุลงถาดโฟม ซึ่งหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกผลทุกวัน และตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total microbial count) ตามวิธีของ Kiss (1984) รายงานผลในรูป $\log_{10}$จำนวนโคโลนี/กรัมน้ำหนักสด ($\log_{10}$CFU/g) จนหมดอายุการเก็บรักษา

การบันทึกผลการทดลอง

การประเมินคุณภาพทางกายภาพ

นำผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติและระบบไฮโดรโพนิกส์ ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ คือ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนสี เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกผลทุกวัน จนหมดอายุการเก็บรักษา

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Kader *et al.* (1973)

1. การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด ประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบประจำ 5 คน และกำหนดคะแนนการเกิดสีน้ำตาล ดังนี้

ระดับที่ 1 คือ ไม่เกิดสีน้ำตาล ถึงเกิดสีน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์

ระดับที่ 2 คือ เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย หมายถึง มีสีเหลืองอ่อน คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลระหว่าง 20-40 เปอร์เซ็นต์

ระดับที่ 3 คือ เกิดสีน้ำตาลปานกลาง หมายถึง มีสีน้ำตาลปนเหลือง คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์

ระดับที่ 4 คือ เกิดสีน้ำตาลมาก หมายถึง มีสีสนิมปนน้ำตาล คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลระหว่าง 60-80 เปอร์เซ็นต์

ระดับที่ 5 คือ เกิดสีน้ำตาลมากที่สุด หมายถึง มีสีสนิมเข้มปนน้ำตาล คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การเกิดกลิ่นผิดปกติ (off-odor) ทำการประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบประจำ 5 คน และกำหนดคะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติ ดังนี้

ระดับที่ 1 คือ ไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ

ระดับที่ 2 คือ เกิดกลิ่นผิดปกติ

3. การสูญเสียความกรอบ (crispness) ทำการประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบประจำ 5 คน และกำหนดคะแนนการสูญเสียความกรอบ ดังนี้

ระดับที่ 1 คือ ไม่สูญเสียความกรอบ

ระดับที่ 2 คือ สูญเสียความกรอบ

4. คุณภาพการยอมรับโดยรวม (overall visual quality) ทำการประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบประจำ 5 คน และกำหนดคะแนนของคุณภาพการยอมรับโดยรวม ดังนี้

ระดับที่ 1 คือ คุณภาพเลวที่สุด

ระดับที่ 2 คือ คุณภาพเลวมาก

ระดับที่ 3 คือ คุณภาพเลว

ระดับที่ 4 คือ คุณภาพค่อนข้างเลว

ระดับที่ 5 คือ คุณภาพปานกลาง

ระดับที่ 6 คือ คุณภาพค่อนข้างดี

ระดับที่ 7 คือ คุณภาพดี

ระดับที่ 8 คือ คุณภาพดีมาก

ระดับที่ 9 คือ คุณภาพดีที่สุด

หมายเหตุ เมื่อผู้ทดสอบให้คะแนนในระดับที่ 6 หรือต่ำกว่า ใช้ตัดสินว่าคุณภาพของผักกาดหอมสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

การประเมินคุณภาพทางเคมี

นำผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติและระบบไฮโดรโพนิกส์ ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณไนเตรท โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เหมือนกับการทดลองที่ 1 บันทึกผลทุกวัน จนหมดอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักเกณฑ์การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของผักกาดหอม

กำหนดให้ใบผักกาดหอมหมดอายุการเก็บรักษา เมื่อทำการประเมินคุณภาพการยอมรับโดยรวม (overall visual quality) โดยที่ผู้ทดสอบให้คะแนนในระดับที่ 6 ตัดสินว่าคุณภาพของผักกาดหอมสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมด (total microbial count) ตามวิธีการของ Kiss (1984)

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างผักกาดหอมหั่นชิ้นประมาณ 50 กรัม มาปั่นด้วยเครื่องปั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน จำนวน 200 มิลลิลิตร จะได้สารละลายตัวอย่างผักกาดหอมที่มีความเจือจางเป็น 2×10^{-1} ใช้ปิเปตต์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดตัวอย่างข้างต้น ใส่ลงในหลอดแก้วฝาเกลียวที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตนอยู่แล้ว 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ได้สารละลายตัวอย่างผักกาดหอมที่มีความเจือจาง $2x10^{-2}$ ทำการเจือจางตัวอย่างผักกาดหอมต่อไปเรื่อยๆ ตามวิธีการข้างต้น จนได้สารละลายตัวอย่างผักกาดหอมหั่นชิ้นที่มีความเจือจางที่เหมาะสม (ประมาณ 2×10^{-4} ถึง 2×10^{-7})

การใส่ตัวอย่างลงในอาหารเลี้ยงเชื้อและการบ่มเชื้อ

นำปิเปตต์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายตัวอย่างผักกาดหอมที่มีความเจือจางระดับต่างๆ ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยสารละลายตัวอย่างแต่ละระดับความเข้มข้น ทำ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar ที่หลอมเหลวประมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างผักกาดหอมอยู่ ผสมสารละลายตัวอย่างผักกาดหอมและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน วางทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว คว่ำจานเพาะเลี้ยงเชื้อแล้วปิดผนึกรอบด้วยพาราฟิล์ม สำหรับชุดควบคุมใช้สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่างผักกาดหอม นำจานเพาะเชื้อที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วไปบ่มในตู้อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 24 ± 3 ชั่วโมง เมื่อบ่มเชื้อครบตามกำหนดระยะเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี คำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อทั้ง 3 ซ้ำ รายงานผลในรูป $\log_{10}$จำนวนโคโลนี/กรัมน้ำหนักสด (logCFU/g)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 3 อัตราการหายใจของผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf

การทดลองที่ 3.1 การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf ที่ปลูกในระบบปกติและในระบบไฮโดรโพนิกส์

วิเคราะห์ข้อมูลแบบ T-test มี 2 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 ผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf ที่ปลูกในระบบปกติ

กรรมวิธีที่ 2 ผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

วิธีการทดลอง

นำผักกาดหอมทั้งหัวที่ปลูกแบบปกติและปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์จากมูลนิธิโครงการหลวงหนองหอยที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้า ในช่วงเดือนสิงหาคม มาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอ ตัดแต่งเอาใบที่ถูกทำลายด้วยโรคและแมลงหรือชอกช้ำออกทิ้งประมาณ 4-5 ใบ ตัดรากของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ออก นำผักกาดหอมไปชั่งน้ำหนักให้มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน โดยให้แต่กรรมวิธีมี 4 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น นำมาบรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาด 13×18.7× 9.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำกล่องพลาสติกที่บรรจุผักกาดหอมแล้วต่อกับชุดแผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิซึ่งดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือ 4 องศาเซลเซียส นำมาหาอัตราการหายใจ ดัดแปลงตามวิธีของ Claypool and Keefer (1942)โดยวัดอัตราการหายใจทุกวันจนหมดอายุการเก็บรักษา

การบันทึกผลการทดลอง

อัตราการหายใจ

ทำการวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนโดยใช้เครื่อง gas chromatography รุ่น GC-8A ของบริษัท SHIMADZU วัดอัตราการหายใจทุกวันจนหมดอายุการเก็บรักษา แล้วนำมาคำนวณอัตราการหายใจ โดยคำนวณจากสูตร (Smith, 1995)

อัตราการหายใจ (มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$= \frac{(\%CO_2 - \text{blank}\%CO_2) \times \text{flow rate (ml/min)} \times 321750}{\text{weight (g)} \times (273 + \text{measured flowrate Temp } ^{\circ}C)} \text{ mg kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 3.2 การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf ทั้งหัวกับผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติและในระบบไฮโดรโพนิกส์

วางแผนการทดลอง แบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย จำนวน 2×2 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตผัก 2 แบบ คือ ผักที่ปลูกในระบบปกติ และผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ปัจจัยที่ 2 การแปรรูป 2 แบบ คือ ผักทั้งหัว และผักพร้อมปรุง

วิธีการทดลอง

นำผักกาดหอมที่ปลูกแบบปกติและปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์จากมูลนิธิโครงการหลวงหนองหอยที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้า ในช่วงเดือนสิงหาคม มาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอ ตัดแต่งเอาใบที่ถูกทำลายด้วยโรคและแมลงหรือชอกช้ำออกทิ้งประมาณ 4-5 ใบ ตัดรากของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ออก ส่วนผักกาดหอมแบบพร้อมปรุงทำตามขั้นตอนดังที่กล่าวมา หลังจากนั้นแยกแต่ละใบผักกาดหอมออก แล้วตัดส่วนโคนใบของผักกาดหอมขึ้นมาประมาณ 1 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณโคนของเส้นกลางใบมีความไวต่อการเกิดอาการจุดสีน้ำตาลแดงมาก (Ke and Saltveit, 1989 ; Loaiza-Velarde *et al*., 1997) นำมาบรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาด 13x18.7x9.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำกล่องพลาสติกที่บรรจุผักกาดหอมแล้วต่อกับชุดแผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิซึ่งดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือ 4 องศาเซลเซียส นำมาหาอัตราการหายใจ ดัดแปลงตามวิธีของ Claypool and Keefer (1942) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1 บันทึกผลทุกวันจนหมดอายุการเก็บรักษา

การทดลองที่ 3.3 การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak Leaf พร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติและในระบบไฮโดรโพนิกส์

วางแผนการทดลอง แบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัยจำนวน 2×2 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตผัก 2 แบบ คือ ผักที่ปลูกในระบบปกติ และผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ปัจจัยที่ 2 การจุ่มสารละลายคลอรีน 2 ระดับ คือ ผักที่จุ่มสารละลายคลอรีน 100 ส่วนต่อล้านส่วน และผักที่ไม่จุ่มสารละลายคลอรีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดลอง

นำผักกาดหอมที่ปลูกแบบปกติและปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์จากมูลนิธิโครงการหลวง หนองหอยที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้า ในช่วงเดือนสิงหาคม มาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอ ตัดแต่งเอาใบที่ถูกทำลายด้วยโรคและแมลงหรือชอกช้ำออกทิ้งประมาณ 4-5 ใบ แยกแต่ละใบผักกาดหอมออก แล้วตัดส่วนโคนใบของผักกาดหอมขึ้นมาประมาณ 1 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณโคนของเส้นกลางใบมีความไวต่อการเกิดอาการจุดสีน้ำตาลแดงมาก (Ke and Saltveit, 1989 ; Loaiza-Velarde *et al*., 1997) หลังจากนั้นนำผักกาดหอมพร้อมปรุง ใส่ลงตะกร้าพลาสติกที่มีรู จุ่มในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน นาน 30 วินาทีทำการสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องปั่น Spinner นำมาบรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาด 13×18.7×9.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำกล่องพลาสติกที่บรรจุผักกาดหอมแล้วต่อกับชุดแผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิซึ่งดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือ 4 องศาเซลเซียส นำมาหาอัตราการหายใจ ดัดแปลงตามวิธีของ Claypool and Keefer (1942) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1 บันทึกผลทุกวันจนหมดอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved