ภาคผนวก ก

รูปภาพงานวิจัย

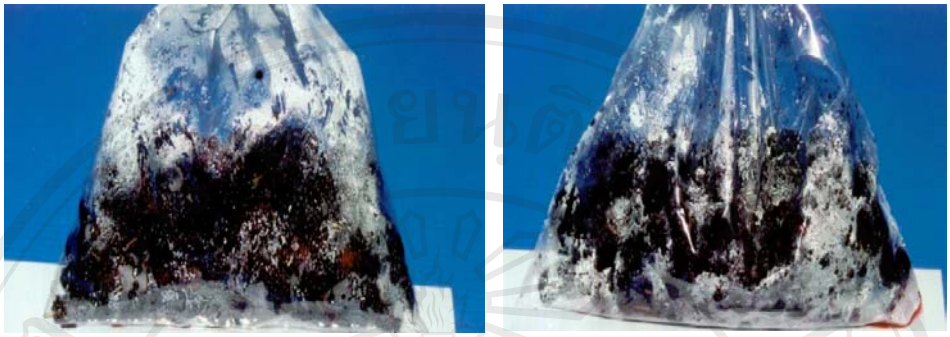
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แก่จัดหรือห่าม สุก สุกจัด

ภาพ ก. 1 ลักษณะของผลหม่อนสดพันธุ์เชียงใหม่ที่ระยะความสุกแก่จัดหรือห่าม สุก และสุกจัด

ภาพ ก. 2 ภาชนะบรรจุ 3 แบบที่ใช้ในการเก็บรักษาผลหม่อนสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ ก. 3 ลักษณะของหยดน้ำที่เกาะในถุง และการเน่าเสียที่เก็บรักษาได้ 1 วัน

ภาพ ก. 4 ลักษณะของผลหม่อนสดที่ระยะความสุกแตกต่างกันเมื่อบรรจุในถาดโฟมห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC เพื่อเตรียมไปเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพของผลหม่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางภาพของผลหม่อน

1. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

การคำนวณ

เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก = $\frac{\text{(น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักที่ชั่งได้)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลหม่อน

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดโดยวิธีการไทเทรต (AOAC, 2000)

วิธีหา Titratable acidity ของน้ำผลไม้หรือไวน์ จะวัดหาปริมาณไฮโดรเจนอิออน ในสารละลาย โดยอาศัยหลักการที่กรดในสารละลายทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์กับเบสแก่ (เช่น 0.1M NaOH) จนได้จุดยุติ จุดยุติของไวน์จะอยู่ในช่วง ระหว่าง pH 7.5 และ pH 8.4 ซึ่งโดยปกติจะใช้จุดยุติที่ pH 8.2 การสังเกตจุดยุติอาจทำได้โดยใช้ Indicator หรือใช้ pH Meter ซึ่ง indicator ที่นิยมใช้ได้แก่ phenolphthalein และ mixture of phenol red / bromothymol blu (1:1) ซึ่งจะเปลี่ยนสีอยู่ในช่วง pH 7.5 ถึง 8.4

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดรูปชมพู่ (conical flask)
2. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
3. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
4. ลูกยาง
5. phenolphthalein indicator : เตรียม 1 % phenolphthalein โดยชั่ง phenolphthalein 1 กรัม ละลายด้วย 60 % ethanol แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
6. 0.1 M NaOH : เตรียมโดยชั่ง NaOH 4 กรัม ด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร และต้องทำการ standardize 0.1 M NaOH ที่เตรียมได้ด้วย 0.1 M potassium hydrogen phathalate เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารที่เตรียมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

7. 0.1 M potassium hydrogen phathalate (MW 204.22) : นำ potassium hydrogen phathalate ไปอบไล่ความชื้นที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งมา 2.0422 กรัม นำไปละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

การเตรียมตัวอย่าง

- กรณีตัวอย่างน้ำผลไม้กรองด้วยกระดาษกรอง
- กรณีตัวอย่างไวน์ต้องกำจัดก๊าซออกจากไวน์ โดยเทไวน์ประมาณ 100 มิลลิลิตร ลงใน buchner flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับ vacuum เขย่า flask ภายใต้ vacuum ประมาณ 3 นาที

วิธีการวิเคราะห์

1. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่
2. ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงไป
3. เติม phenolphthalein indicator 3–5 หยด แล้วผสมให้เข้ากัน
4. ไทเทรตสารละลายในขวดรูปชมพู่ด้วย 0.1 M NaOH จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู
5. บันทึกปริมาณ Titre (0.1 M NaOH) ที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{Titratable Acidty} = \frac{70}{1} \times \text{Molarity of NaOH} \times \frac{\text{Titre Value of NaoH (mL)}}{\text{Volume of sample (mL)}}$$

2. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธีของ Rebelein Method (IIand P. and others, 1993)

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างนั้นสามารถหาได้หลายวิธี เช่น Lane and Eynon method, Rebelein method, Enzymatic analysis method หรือใช้ HPLC สำหรับวิธี Rebelein Method อาศัยหลักการของการที่น้ำตาลในตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ alkaline cupric (Cu^{++}) tartrate ที่มากเกินพอ หลังจากนั้นทำการไทเทรต หาความเข้มข้นของ Cu^{++} ที่เหลือทำให้เราทราบปริมาณ Cu^{++} ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลได้

ปริมาณของ Cu^{++} ที่เหลืออยู่หลังจากทำปฏิกิริยากับน้ำตาลนั้นหาได้โดยการรีดิวซ์ Cu^{++} ด้วย iodine และหาปริมาณ iodine ด้วยการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน Thiosulphate ดังสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$2\,Cu^{++} + 2I^{-} \longrightarrow 2Cu^{+} + I_2$$

$$I_2 + 2S_2O_3^{=} \longrightarrow 2I + S_4O_6^{=}$$

ข้อดีของวิธี Rebelein Method คือ

1. จุดยุติของการไทเทรตได้สีขาวครีม ซึ่งสังเกตได้ง่าย
2. ไม่ต้องทำการไทเทรตขณะร้อน ทำให้สะดวกในการทำงาน
3. ปฏิกิริยาระหว่าง $2Cu^{++} + 2I^{-}$ และ $I_2 + 2S_2O_3^{=}$ เป็นสัดส่วนโดยตรงกันทางเคมี

ปัญหาของการ titrate คือ สาร phenolic จะรบกวนปฏิกิริยา ดังนั้นจึงต้องทำการกำจัดสารสีออกจากตัวอย่างก่อน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
2. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
5. hot plate
6. boiling chip
7. ลูกยาง
8. activated charcoal
9. สารละลาย Z_1 : ตวงน้ำกลั่นประมาณ 600 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นชั่ง copper (cupric) sulphate ($CuSO_4\ 5H_2O$) 41.92 กรัม ผสมลงไปในสารละลายที่เตรียมไว้ปรับประมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
10. สารละลาย Z_2 : ชั่ง Sodium potassium tartrate 250 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร และชั่ง sodium hydroxide (NaOH) 80 กรัม ผสมลงไปช้า ๆ เพราะจะเกิดความร้อนขึ้นในสารละลาย บางครั้งอาจจำเป็นต้องหล่อในน้ำเย็นเมื่อผสมเย็นลงแล้วทำการปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บในขวดพลาสติกปิดสนิท
11. สารละลาย Z_3 : เตรียมสารละลาย Sodium hydroxide (NaOH) 1M 100 มิลลิลิตร (40 กรัมต่อลิตร) ใส่ลงในน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและชั่ง potassium

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

iodide (KI) 300 กรัม ละลายลงในสารละลายเมื่อสักครู่นี้และปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร เก็บในขวดพลาสติกปิดสนิท

12. สารละลาย Z_4 : ตวงกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซนต์ (H_2SO_4) 175 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น 825 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บางครั้งอาจจำเป็นต้องหล่อในน้ำเย็น เก็บในขวดแก้วปิดให้สนิท
13. สารละลาย Z_5 : นำสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) 1 M จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำสารละลายนี้ไปละลาย potassium iodide (KI) 20 กรัม และ soluble starch 10 กรัม จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติกปิดสนิท
14. สารละลาย Z_6 : ชั่งสารละลาย sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3$ $5H_2O$) 13.78 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและเติมสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) 1 M จำนวน 50 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บในขวดพลาสติกปิดสนิท

การเตรียมตัวอย่าง

- กรณีตัวอย่างน้ำผลไม้ ถ้าน้ำผลไม้มีสีเข้มต้องทำการ decolorized น้ำผลไม้ก่อน โดยใส่ activated charcoal 0.5 กรัม ลงในน้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร แล้วต้มเป็นเวลา 30 วินาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- กรณีตัวอย่างไวน์ ต้องกำจัดแอลกอฮอร์ ออกจากตัวอย่างไวน์ โดยนำตัวอย่างไวน์ 100 มิลลิลิตร เติมเม็ด boiling chips ลงไป 2-3 เม็ด แล้วต้มให้เหลือปริมาณ 50 มิลลิลิตร ถ้าเป็นไวน์แดง ต้องทำการ decolorized ซึ่งทำได้โดยการใส่ activated charcoal ลงไปประมาณ 0.5 กรัม แล้วต้มเป็นเวลา 30 วินาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง หลังจากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ Blank และตัวอย่าง

1. ปิเปต Z_1 10 มิลลิลิตร และ Z_2 5 มิลลิลิตรลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ใส่ boiling chips 2-3 เม็ด
3. ปิเปตน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่
4. ให้ความร้อนจนกระทั่งสารละลายเดือดเป็นเวลา 30 นาที และทำให้สารละลายเย็นลง

5. เมื่อสารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องให้เติม Z_3, Z_4 และ Z_5 อย่างละ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ
6. ทำการไทเทรตสารละลายที่ได้นี้ด้วย Z_6 ในขณะที่ทำการไทเทรตจะต้องทำการเขย่าขวดรูปชมพู่ไปด้วย จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีครีม (จุดยุติ)
7. บันทึกปริมาณ Z_6 ที่ใช้ (blank titre) ซึ่งควรจะอยู่ในช่วง 29-31 มิลลิลิตร
8. ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำให้เหมือนในข้อ 1-7 แต่ใช้ตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร แทนน้ำกลั่นที่ใช้และบันทึกปริมาณ Z_6 ที่ใช้ (sample titre)

วิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์

Reducing Sugar (gL^{-1}) = dilution factor x (blank titre - sample titre)

ข้อแนะนำ

1. ตัวอย่างที่มีน้ำตาลเกินกว่าร้อยละ 2 จำเป็นต้องมีการเจือจาง เพราะถ้าปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างมีปริมาณมาก จะทำปฏิกิริยากับ Z_1 จนหมด ทำให้สารละลายไม่มี Z_1 เหลือ ให้ทำปฏิกิริยากับ Z_6 จึงไม่เห็นจุดยุติได้ และการบันทึกค่า Z_6 ที่ใช้ จำเป็นต้องบันทึกค่าอย่างละเอียด
2. อาจเกิดปัญหาขึ้นในขณะสังเกตจุดยุติ ถ้ามีสารสีแดงในตัวอย่าง ดังนั้นจึงควรกำจัดสีก่อนวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์ที่ใช้

ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

วิธีการวิเคราะห์

หาปริมาณความชื้นโดยทำการบันทึกน้ำหนักของ moisture can ที่สะอาด และผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงใน moisture can แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้วนำ moisture can ออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น บันทึกน้ำหนักของ moisture can และของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(W2 - W3) \times 100}{W2 - W1}$

เมื่อ W1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น (กรัม)
W2 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลหม่อน

1. วิธีการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว
2. ปิเปตผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
3. ตู้บ่ม (incubator) อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส
4. เครื่องตีป่น (stomacher)
5. ถุงตีป่น

อาหารเลี้ยงเชื้อ และรีเอเจ้นท์

1. 0.1% peptone water
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแข็ง 25 กรัมใส่ในถุง stomacher เติมสารละลาย 0.1% peptone water จำนวน 225 กรัม นำเข้าเครื่องตีป่น (stomacher) นาน 1-2 นาที
2. ทำเจือจางอาหารในสารละลาย 0.1% peptone water หลอดละ 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม
3. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายอาหารที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสมจำนวน 3 ระดับความเข้มข้นที่ติดกันจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อโดยทำแบบ duplicate
4. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA อุณหภูมิ 44–46 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-15 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อ เขย่าจานให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ปล่อยให้อาหารวุ้นแข็งตัวคว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48±3 ชั่วโมง

6. นับจำนวนโคโลนีจากจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250โคโลนี คำนวณ CFU/g (ml) ของอาหารได้จากสูตรนี้

$$\text{CFU/g หรือ ml} = \frac{\sum C}{(v1n1 + 0.1\, n2)\, d}$$

เมื่อ v1 = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ

$\sum C$ = ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

n1 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n2 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d = ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธิติพันธ์ จันทพิมพ์
วัน เดือน ปีเกิด	29 มิถุนายน 2520
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร และโภชนาศาตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved