ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก รูปประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก 1 แม่ค้าจำหน่ายหอมหัวใหญ่ที่ตลาดเมืองใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

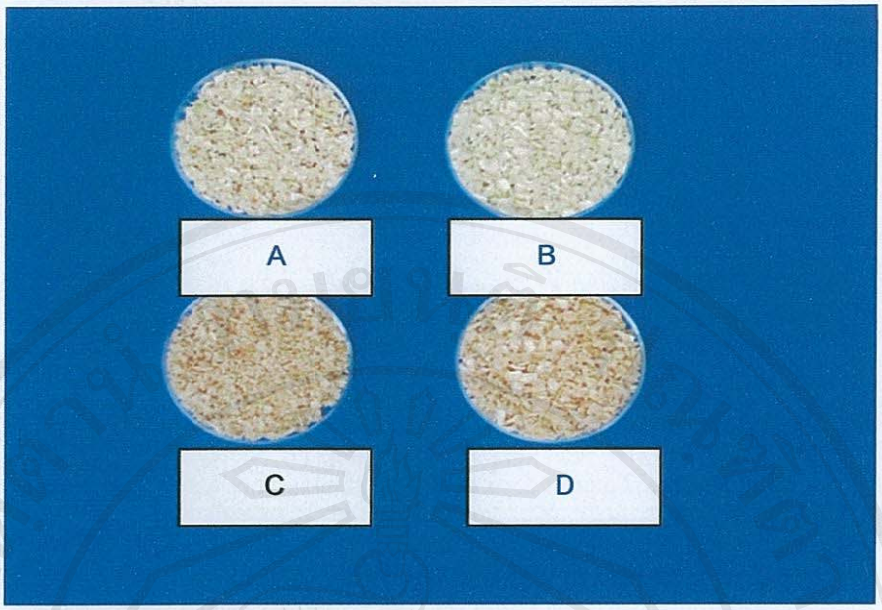
รูป ก 2 รูปทรงของหอมหัวใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก 3 ชุดสาธิตการอบแห้งแบบถาด

รูป ก 4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ (Solar Tunnel Dryer)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



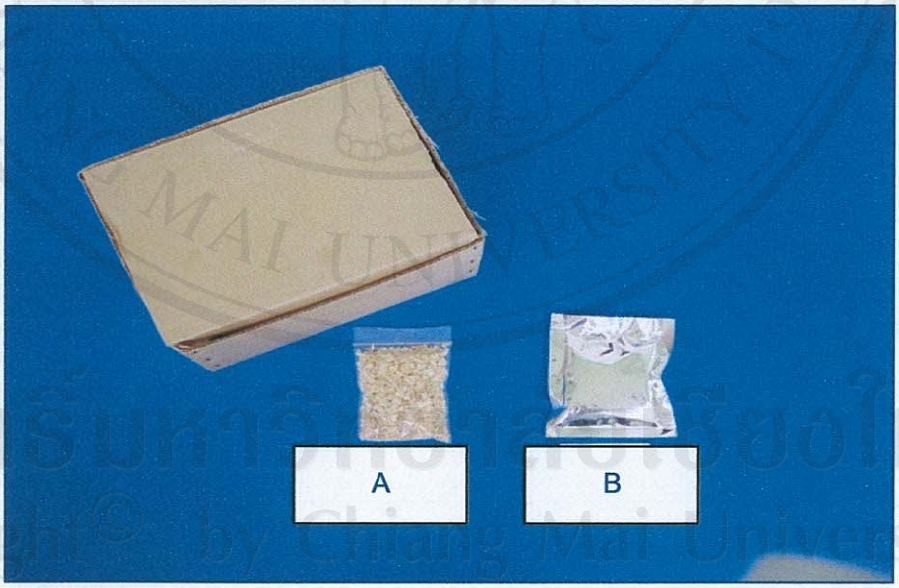
รูป ก 5 สีของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่ผ่านการอบแห้ง 4 วิธี

A : Tray Drying

B : Osmotic+ Tray Drying

C : Solar Drying

D : Osmotic+ Solar Drying

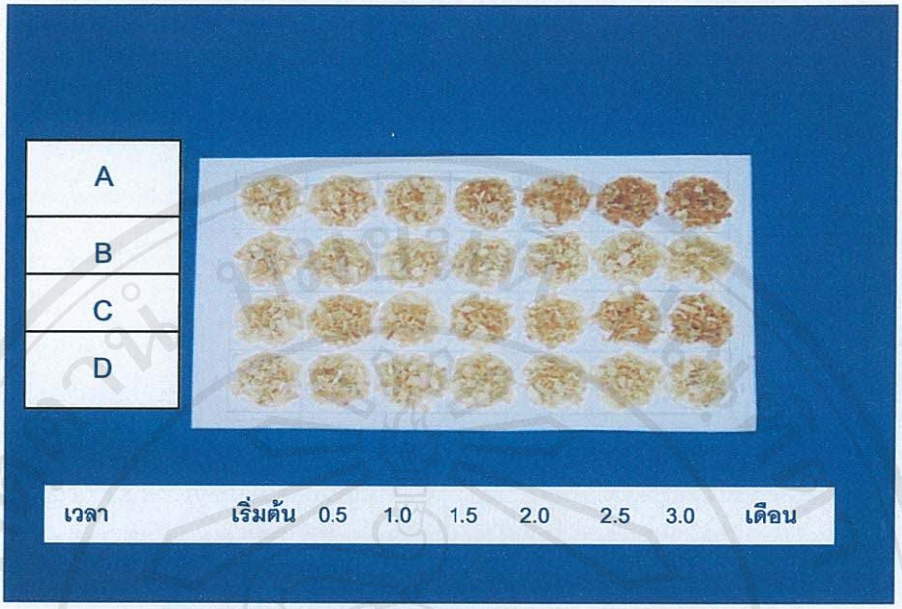


รูป ก 6 การเก็บรักษาหอมหัวใหญ่อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 2 วิธี

A : เก็บด้วยถุง Polypropylene ในกล่องกระดาษลูกฟูก

B : เก็บด้วยถุง Aluminium Foil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ก 7 การเปลี่ยนแปลงสีของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่เก็บรักษาด้วยวิธีต่างๆเป็นเวลา 3 เดือน

A : เก็บด้วยถุง Polypropylene ในกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิห้อง

B : เก็บด้วยถุง Polypropylene ในกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิต่ำ (10°C)

C : เก็บด้วยถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิห้อง

D : เก็บด้วยถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิต่ำ (10°C)

รูป ก 8 ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้หอมหัวใหญ่อบแห้งเป็นส่วนประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข. วิธีวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. วิธีการคำนวณและวิเคราะห์ทางกายภาพ

1.1 การคำนวณปริมาณผลผลิต

หาปริมาณผลผลิตจากการอบแห้ง

- คำนวณจากสมการ

$$\text{ปริมาณผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตที่ได้}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้}} \times 100 \qquad (ข\ 1)$$

แสดงผลการคำนวณเป็น เปอร์เซ็นต์

1.2 การหาค่า Bulk Density

ขั้นตอน

ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 g ใส่ใน 100 ml Measuring Cylinder อ่านค่าปริมาตรที่ขอบบนของตัวอย่าง แสดงผลการคำนวณเป็น g/ml

1.3 การคำนวณค่า Bulk Shrinkage Coefficient (s_b)

- คำนวณจากสมการ

$$s_b = \frac{\rho_{b,o}}{\rho_{b,dry}} \left(\frac{x_{dry} + 1}{x_0 + 1} \right) \qquad (ข2)$$

เมื่อ $\rho_{b,0}$ คือ ค่า Bulk Density ของหอมหัวใหญ่สด (g/ml)

$\rho_{b,dry}$ คือ ค่า Bulk Density ของหอมหัวใหญ่อบแห้ง (g/ml)

X_0 คือ ความชื้นของหอมหัวใหญ่สด (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)

X_{dry} คือ ความชื้นของหอมหัวใหญ่อบแห้ง (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)

1.4 การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนรวม (Total Porosity ,ε_{tot}) คำนวณจากสมการ

$$\varepsilon_{tot} = \left(1 - \left(\frac{\rho_b}{\rho_{tr}} \right) \right) x\ 100 \qquad (ข3)$$

$$\rho_{tr} = 1.427 - 0.466W \qquad (ข4)$$

สมการ ข4 มีค่า Correlation Coefficient คือ 0.994 และ Standard Error คือ 0.8%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ ρ_b คือ ค่า Bulk Density (g/ml)

ρ_{tr} คือ ค่า True Density (g/ml)

W คือ ความชื้น (%w.b.)

1.5 **การวัดค่า a_w**

ขั้นตอน

เปิดเครื่องวัด a_w ไว้ 30 นาที ใส่ตัวอย่างลงในตลับวัดให้มีความสูงไม่เกินครึ่งตลับ ใส่ตลับวัดพร้อมตัวอย่างลงในเครื่องและอ่านค่า แสดงผลการวัดเป็น a_w ที่อุณหภูมิ °C

1.6 **การวัดค่าสี**

ขั้นตอน

เปิดเครื่องวัดสีและ Calibration ค่าสี ด้วย Standard Calibration Plate ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะให้มีความสูง 1 cm เกลี่ยผิวหน้าตัวอย่างให้เรียบ ใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉากและอ่านค่า แสดงผลการวัดในระบบ CIELAB (L*,a*, b*)

2. วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

2.1 **การวัดค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ** (Total Soluble Solids, °Brix)

ขั้นตอน

เปิดฝา เช็ดปลาย Refractometer (0-32°Brix) ให้สะอาด ปรับค่า °Brix ให้เป็น 0 ด้วยน้ำกลั่น หยดน้ำคั้นหอมหัวใหญ่ลงบนปลาย Refractometer ปิดฝา อ่านค่า แสดงผลการวัดเป็น ° Brix

2.2 การวัดค่า pH

สารเคมี

- Buffer pH 4 (Di-sodium Hydrogen Phosphate/ Potassium Dihydrogen Phosphate, MERCK, Germany)
- Buffer pH 7 (Citric Acid/ Sodium Hydroxide/ Hydrogen Chloride, MERCK, Germany)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอน

เปิดเครื่องวัด pH และ Calibration ด้วย Buffer pH 4 และ 7 บดตัวอย่างประมาณ 20 g ให้ละเอียดผสมกับน้ำกลั่น 100 ml จนเข้ากัน จุ่ม pH และ Temperature Electrode ลงไปที่ตำแหน่งครึ่งหนึ่งของภาชนะที่มีตัวอย่าง อ่านค่า แสดงผลการวัดเป็น pH ที่อุณหภูมิ °C

2.3 การย้อมสีเซลล์เยื่อหอมหัวใหญ่

Neutral Red (M.W. เท่ากับ 288.783 g/ mole) ใช้ย้อมสีเซลล์พืชที่มีชีวิต การติดสีในเวลาสั้นๆจะไม่มีผลต่อสรีระของเซลล์ (Vital Stains) การย้อมสีด้วยวิธีนี้ช่วยมองเห็นโครงสร้างภายในเซลล์ในขณะที่เกิด Plasmolysis ได้ชัดเจน (Jones *et al.*, 1998)

สารเคมี

- 0.1% Neutral Red (Fluka, Switzerland)

ขั้นตอน

แกะเปลือกหอมหัวใหญ่ที่มีสีน้ำตาลออกล้างน้ำให้สะอาด ใช้มีดผ่าครึ่ง ตัดเอาส่วนบนและล่างออก 1 cm ตัดเป็นวงให้มีขนาดความหนา 0.5 cm แกะหอมแต่ละวงออกแล้วตัดให้เป็นทรงลูกบาศก์ที่มีขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 cm ใช้คีมปลายแหลมลอกเอาเซลล์เยื่อหอมออกมาอย่าให้เยื่อขาด วางตัวอย่างลงบน Slide (SAIL BRAND, China) ที่สะอาด (หอมหัวใหญ่ที่เปลี่ยนแปลงจากการออสโมติกให้หยดสารละลายเกลือ 5%,7%,10% ลงบนเซลล์เยื่อหอมที่วางบน Slide ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องแล้วซับขอบตัวอย่างด้วยกระดาษซับให้แห้ง หยดสารละลาย 1 % Neutral Red 1 หยดลงบนเซลล์เยื่อหอมหัวใหญ่ ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ปิดด้วย Cover Slip ขนาด 22x22 mm หนา 0.16-0.19 mm (FIRST BRAND, China) แล้วใช้กระดาษซับเอาสีที่มากเกินพอออก รีบนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ (BAUSCH & LOMB, U.S.A.) กำลังขยาย 10 เท่า บันทึกภาพด้วยฟิล์มสี (KODAK 200, Japan)

2.4 การวิเคราะห์ความชื้น

ขั้นตอน

อบ Moisture Can และฝาด้วย Hot Air Oven (Termaks, U.S.A) ที่อุณหภูมิ 100±2 °C 30 นาที แล้วทำให้เย็นใน Desiccater นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Satorius A102S,Gremany) ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 g ใส่ใน Moisture Can ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนัก เปิดฝา Moisture Can ออกและอบที่อุณหภูมิ 102± 2°C 3 ชั่วโมง นำ Moisture Can ออกจาก Hot Air Oven แล้วทำให้เย็นใน Desiccater นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.002 g) แสดงผลการวิเคราะห์เป็น % ความชื้น (w.b.) หรือ g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือแกง (Mohr Method)

สารเคมี

- 1% Phenolphthalein (Fluka, Switzerland)
- 5 % K_2CrO_7 (Fluka, Switzerland)
- 0.1 M NaOH (MERCK, Germany)
- 0.1 M NaCl (MERCK, Germany)
- 0.1 M $AgNO_3$ (MERCK, Germany)

ขั้นตอน

บดตัวอย่างจนละเอียดและชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 g เติมน้ำกลั่น 10 ml และทำให้เป็นกลางด้วย 0.1 M NaOH โดยใช้สารละลาย 1% Phenolphthalein เป็น Indicator ถ่ายตัวอย่างลงใน 250 ml Volumetric Flask แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าและกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman N0. 4 ถ่ายตัวอย่าง 50 ml ลงใน 250 ml Erlenmeyer Flask เติม สารละลาย 5 % K_2CrO_7 2 ml เพื่อเป็น Indicator Titrate กับ 0.1 M $AgNO_3$ (ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนจากการเทียบความเข้มข้นกับสารละลาย 0.1 M NaCl จุดยุติให้สังเกตจากสารละลายมีสีส้มแดงและมีตะกอนสีขาวของ AgCl ถ้าสังเกตจุดยุติไม่ชัดเจนให้เจือจางตัวอย่างมากขึ้น) ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่น 50 ml และเติม สารละลาย 5 % K_2CrO_7 2 ml (หมายเหตุ 1 ml 0.1 M $AgNO_3$ ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับเกลือแกง 0.005844 g) แสดงผลการวิเคราะห์เป็น %เกลือแกง (w.b.) หรือ g เกลือแกง/ g ของแข็งแห้ง

2.6 การทดสอบการคืนรูป (Rehydration Test)

ขั้นตอน

ชั่งตัวอย่างแห้งที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 g ใส่ลงใน 500 ml Beaker เติมน้ำกลั่น 150 ml ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ต้มให้เดือดด้วย Hot Plate (AIRDENT New Life, Tiwan) ภายใน 3 นาที เมื่อครบกำหนดต้มต่ออีก 5 นาที กรองเอาตัวอย่างออกด้วย กระดาษกรอง Whatman N0. 4 ใน Buchner Funnel กรองช้าๆโดยระบบสุญญากาศ ใช้ Stirring Rod คน และกรองให้เสร็จภายใน 1 นาทีจนกระทั่งไม่มีหยดน้ำไหลออกจาก Funnel นำตัวอย่างออกจากกระดาษกรองและชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำแต่ใช้เวลาในการต้มนาน 10, 20, 30, 45 นาที 1 ชั่วโมง, 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมง 30 นาที, 2 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง 30 นาที แสดงผลการวิเคราะห์เป็น % ความชื้น (w.b.) หรือ g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง

2.7 การวิเคราะห์โปรตีนในรูปไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) (Kjeldahl Method)

สารเคมี Mixed Indicator **ประกอบด้วย**

- 0.2 %(w/v) Methyl Red (Panreac, E.U.)
- 0.2 %(w/v) Bromocresol Green (Fluka, Switzerland) ผสมกับ 95% C_2H_5OH (MERCK, Germany) ในอัตราส่วน1:5

สารเคมี Mixed Catalyst **ประกอบด้วย**

- 3.5% $CuSO_2.5H_2O$ ปราศจากไนโตรเจน (MERCK, Germany)
- 96% Na_2SO_4 ปราศจากไนโตรเจน (BDH AnalaR®, England)
- 0.5% SeO_2 ปราศจากไนโตรเจน (Fluka, Switzerland)
- 98% H_2SO_4 (BDH AnalaR®, England)
- 0.1 N H_2SO_4 (BDH AnalaR®, England)
- 40% (w/v) NaOH (MERCK, Germany)
- 4% (w/v) H_3BO_3 (MERCK, Germany)

ขั้นตอน

ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 g ใส่ลงในหลอดย่อย และทำ Blankคู่โดยไม่ต้องเติมตัวอย่าง เติม Mixed Catalyst ปริมาณประมาณ 8 g เติม 20 ml 98% (w/v) H_2SO_4 โดยเอียงหลอดและรินกรดลงข้างๆหลอดเพื่อล้างตัวอย่างที่ติดข้างหลอดให้หมด ค่อยๆเขย่าตัวอย่างเบาๆ นำหลอดย่อยไปย่อยด้วยชุดย่อยโปรตีน (Digestion System 1007 Digester, Sweden) ใน Hood โดยใช้ความร้อนระดับ 5 ประมาณ 1 ชั่วโมงและเพิ่มเป็นความร้อนระดับ 10 อีกประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายใสจึงปิดชุดย่อย รอให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำหลอดย่อยที่มีสารละลายต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน (Kjeltec Distillation Unit, Sweden) และนำ 50 ml 4% (w/v) H_3BO_3 ใน 250 ml Erlenmeyer Flask หยด Mixed Indicator 10 หยด กำหนดอัตราการเติม 40 % (w/v) NaOH ประมาณ 70 ml เปิดชุดกลั่นโปรตีน โดยเริ่มกลั่น Blank ก่อนตัวอย่าง Blank ทำปฏิกิริยากับ 0.1 N H_2SO_4 ไม่เกิน 0.5 ml นำสารละลายที่กลั่นได้ไป Titrate กับ 0.1 N H_2SO_4 End Point มีสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายมีสีเทาอมม่วง (หมายเหตุ 1 ml 0.1 N H_2SO_4 ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับไนโตรเจน 0.0014 g) และค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Factor ที่ใช้คำนวณคือ 6.25 แสดงผลการคำนวณเป็น % โปรตีนทั้งหมดในรูปไนโตรเจนทั้งหมด (w.b.) หรือ % โปรตีน ทั้งหมดในรูปไนโตรเจนทั้งหมด (d.b.)

2.8 การวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด (Total Lipid) (Rose-Gottlieb Method)

สารเคมี

- 25% NH_4OH (PREReagent CARLO ERBA)
- Diethyl Ether (BDH AnalaR®, England)
- Petrolium Ether (b.p. 40-60 °C) (LAB-SCAN, Ireland)

ขั้นตอน

บดตัวอย่างจนละเอียดและชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 g ใส่ใน Separatory Funnel เติมน้ำกลั่น 10 ml เขย่าให้ตัวอย่างละลาย เติม 1.25 ml 25 % NH_4OH เติม 10 ml 95% C_2H_5OH เติม 25 ml Diethyl Ether ปิดจุกให้แน่น เขย่าแรงๆเพื่อสกัด 1 นาที เปิดจุกเบาๆอย่างระวัง เติม 25 ml Petroleum Ether ปิดจุกให้แน่น เขย่าแรงๆเพื่อสกัด 1 นาที เปิดจุกเบาๆอย่างระวัง ล้างจุกด้วยสารละลายผสมจำนวนเล็กน้อย ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น 30 นาที ถ่ายสารละลายส่วนใสชั้นบนลงใน Beaker เติม 1 ml C_2H_5OH สกัดด้วย 15 ml Diethyl Ether และ 15 ml Petroleum Ether นำ Beaker ที่มีไขมันไประเหยเอาตัวทำละลายออกจนหมดใน Hood แล้วนำไปอบต่อใน Hot Air Oven อุณหภูมิ 102±2°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นใน Desiccater ชั่งน้ำหนักแสดงผลการคำนวณเป็น % ไขมันทั้งหมด (w.b.) หรือ % ไขมันทั้งหมด (d.b.)

2.9 การวิเคราะห์เถ้าทั้งหมด (Total Ash)

ขั้นตอน

เผา Crucible ใน Muffle Furnace (Gallenkamp, Italy) ที่อุณหภูมิ 525-550°C นาน 30 นาที ทำให้เย็นใน Desiccater ชั่งน้ำหนัก Crucible และชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 g ใส่ใน Crucible นำตัวอย่างไปเผาด้วย Bunsen ขณะเผาค่อยๆเพิ่มความร้อนทีละน้อยจนตัวอย่างไหม้เกรียมและปราศจากควัน นำไปเผาต่อใน Muffle Furnace ที่อุณหภูมิ 525-550 °C จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลาอบ 2-3 ชั่วโมง) ทำให้เย็นใน Desiccater ชั่งน้ำหนัก ถ้าเถ้าสีไม่ขาวให้หยดน้ำกลั่นเล็กน้อยบนเถ้าที่เย็นแล้วพอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งหรือกระเด็น และเผาต่ออีก 1 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.002 g) แสดงผลการคำนวณเป็น % เถ้าทั้งหมด (w.b.) หรือ % เถ้าทั้งหมด (d.b.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.10 **การวิเคราะห์หาเส้นใยทั้งหมด** (Total Crude Fiber)

สารเคมี

- 1.25 % (0.255± 0.005 N) H_2SO_4 (BDH AnalaR®, England)
- 1.25 % (90.313± 0.005 N) NaOH (MERCK, Germany))

ขั้นตอน

ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 g ใส่ใน 500 ml Beaker เติม 200 ml 1.25 % H_2SO_4 นำไปต้มบน Hot Plate โดยปิดปาก Beaker ด้วยขวดแก้วกลมบรรจุน้ำเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที กรองด้วยระบบสุญญากาศด้วย Buchner Funnel ที่มีกระดาษกรอง Whatman N0. 541 (England) ที่ตัดพอดีและฉีดน้ำให้แนบสนิทกับกรวย ฉีดล้างเศษเหลือใน Beaker ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งลงใน Buchner Funnel ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ตรวจสอบจากสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นสีแดง (Litmus Paper precision laboratories, U.S.A.) เติม 200 ml 1.25 % NaOH ใน 500 ml Beaker แล้วฉีดล้างกากบนกระดาษกรองลงใน 500 ml Beaker ที่มี NaOH นำไปต้มบน Hot Plate โดยปิดปาก Beaker ด้วยขวดแก้วกลมบรรจุน้ำเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที กรองด้วยระบบสุญญากาศด้วย Buchner Funnel ที่มีกระดาษกรอง Whatman N0. 541 (กระดาษกรองต้องผ่านการอบให้แห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ฉีดล้างเศษเหลือใน Beaker ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งลงใน Buchner Funnel ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ตรวจสอบจากสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนกระดาษลิตมัสสีแดงเป็นสีน้ำเงิน นำกระดาษกรองวางบนถ้วยกระเบื้องนำไปอบด้วย Hot Air Oven อุณหภูมิ 102±2°C นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นใน Desiccater ชั่งน้ำหนัก เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองที่ผ่านการอบในเตาเผาอุณหภูมิ550±25°C1 ชั่วโมงจากนั้นทำให้เย็นใน Desiccater ชั่งน้ำหนักแสดงผลการคำนวณเป็น % เส้นใยทั้งหมด (Total Crude Fiber) (w.b.) หรือ % เส้นใยทั้งหมด (Total Crude Fiber) (d.b.)

2.11 **การคำนวณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด** (Total Carbohydrate)

คำนวณได้จากสมการ

% คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = 100- (% ความชื้น+%โปรตีน+%ไขมัน+%เถ้า+%เส้นใย) (ข5)

แสดงผลการคำนวณเป็น % คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (w.b.) หรือ % คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (d.b.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.12 **การคำนวณค่าพลังงานความร้อน**

คำนวณได้จากสมการ

ค่าพลังงานความร้อน = (%โปรตีนทั้งหมดx4)+(%ไขมันทั้งหมดx9)+(%คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดx4) (ข6)

แสดงผลการคำนวณเป็น kcal/100 g ตัวอย่าง

2.13 **การวิเคราะห์** Reducing Sugar (Lane and Eynon Method)

สารเคมี

- 1% Methylene Blue(Fisher Scientific,U.K.)
- Clearing Agent A

ละลาย zinc Acetate Dihydrate (UNIVAR APS Finechem, Australia) 21.9 g ในน้ำกลั่นที่มี 3 ml Glacial CH_3COOH (BDH AnalaR®,England) ปรับปริมาตรด้วย 100 ml Volumetric Flask

- Clearing Agent B

ละลาย Potassium Ferrocyanide (UNIVAR APS Finechem, Australia) 10.6 g ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรด้วย 100 ml Volumetric Flask

- Fehling Reagent A

ละลาย $CuSO_2.5H_2O$ 69.278 g ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรด้วย 1 L Volumetric Flask

- Fehling Reagent B

ละลาย 100 g NaOH และ Sodium Potassiumtartrate (UNIVAR APS Finechem, Australia) 346 g ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วย 1 L Volumetric Flask

ขั้นตอน

บดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) เติมน้ำกลั่นลงพอประมาณ คนให้สารละลายเข้ากันดี เติม 5 ml Clearing Agent A และ 5 ml Clearing Agent B เขย่าให้เข้ากันดี ปรับปริมาตรให้ครบ 250 ml ด้วยน้ำกลั่นใน Volumetric Flask ตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีแล้วกรองด้วย กระดาษกรอง Whatman N0. 4 นำสารละลายที่กรองได้ใส่ 50 ml Buret ชนิดปลายงอ ไล่ฟองอากาศออกให้หมดโดยเฉพาะบริเวณปลายแท่งแก้วงอ ใช้ Pipet ดูด 5 ml Fehling Reagent A และ 5 ml Fehling Reagent B ลงใน 250 ml Erlenmeyer Flask เติม Glass Beads ลงไป 10 เม็ดกันสารละลายล้นออกมาจากนั้นนำ Flask ไปต้มบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Bunsen ให้เดือด Titrate กับสารละลายน้ำตาลจนสีน้ำเงินจางลง หยด 1-2 หยด 1% Methylene Blue Titrate จนสีฟ้าหายไปหมดจนเกิดตะกอนสีส้มแดงของ Cuprus Oxide (Cu_2O) Titrate ตัวอย่างให้เสร็จภายใน 30 นาทีตั้งแต่เริ่มเดือด หมายเหตุ ปริมาตรของสารละลายน้ำตาลตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับ Mixed Fehling ต้องอยู่ในช่วง 15-50 ml หากปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ทำปฏิกิริยาน้อยกว่า 15 ml ควรเจือจางสารละลายน้ำตาลตัวอย่างลง แต่ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ทำปฏิกิริยามากกว่า 50 ml แสดงว่าสารละลายน้ำตาลนั้นเจือจางต้องเตรียมสารละลายน้ำตาลใหม่ให้มีความเข้มข้นมากกว่าเดิมแสดงผลการคำนวณเป็น % Reducing Sugar (w.b.) หรือ % Reducing Sugar (d.b.)

2.14 การวิเคราะห์ปริมาณ Pyruvic Acid

ปริมาณ Pyruvic Acid หาจากตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำ ปริมาณ Simple Pyruvic Acid มักพบทั่วไปในเนื้อเยื่อพืชเพราะเป็น Intermediate ที่ได้จากการ Metabolism วิเคราะห์ปริมาณ Total Pyruvic Acid (P_T) ที่เติมน้ำกลั่นและ Background Pyruvic Acid (P_c) ที่เติม 5% Trichloroacetic Acid (TCA) เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Alliinase ผลต่างของ Total Pyruvic Acid และ Background Pyruvic Acid คือ Enzymatically Pyruvic Acid (P_e) การเติม 2,4 -dinitrophenylhydrazine เพื่อทำปฏิกิริยากับ Pyruvic Acid ให้สารประกอบที่มีสีและวัดค่า % Transmittance ที่ 420 nm เทียบหาปริมาณ Pyruvic Acid จากกราฟมาตรฐานของสารละลาย Sodium Pyruvate

สารเคมี

- 5% Trichloroacetic Acid (Fuka, Switzerland)
- 0.0125% 2,4 -dinitrophenylhydrazine (M.W. 198.14 g/mole) (Fuka, Switzerland)
  หมายเหตุ 2,4-DNPH เป็นสารที่มีพิษมากควรเตรียมใน Hood
- 2 N HCl (Merck, Germany)
- 0.6 N NaOH (Merck, Germany)
- Standard 0.01, 0.025, 0.05, 0.10, 0.20, 0.30 µmoles Sodium Pyruvate/ ml (M.W. 110.04 g/mole) (Fuka, Switzerland)
  หมายเหตุ Standard Sodium Pyruvate สลายตัวภายใน 24 ชั่วโมง ควรเตรียม Standard Sodium Pyruvate ใหม่ทุกครั้งก่อนใช้งาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอน

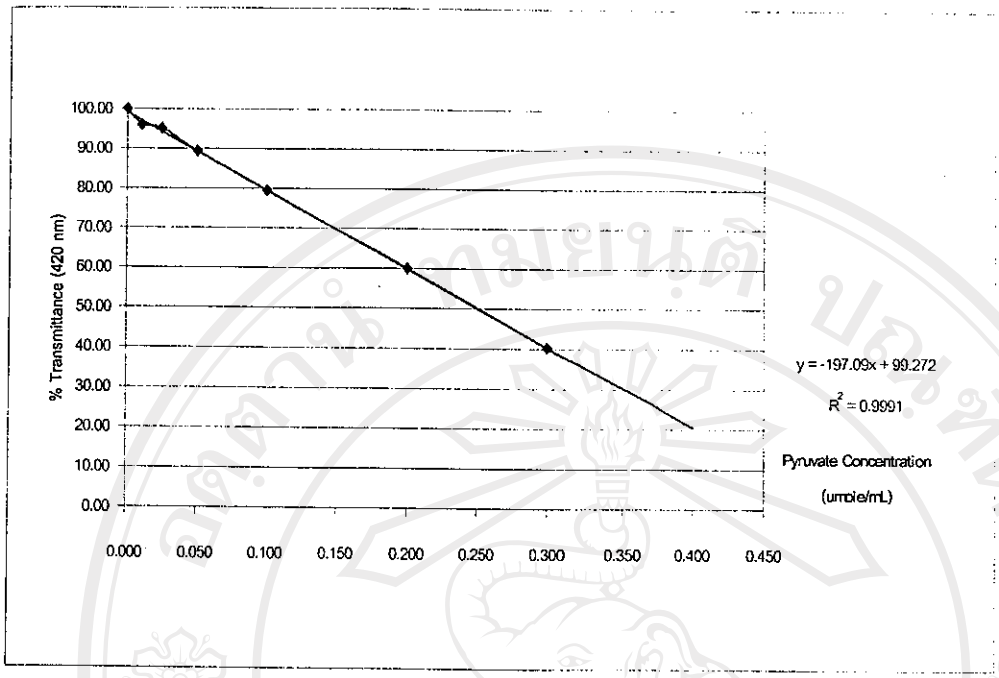
การเตรียมตัวอย่าง

บดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 g เติมน้ำกลั่น 30 ml คั้นเอาสารละลายและกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman N0. 1 ลงใน Beaker ใช้กระจกนาฬิกาปิดปาก Beaker ไว้ ตั้งตัวอย่างทิ้งไว้ 10 นาที ใช้ Pipet ดูดสารละลายสกัด 0.5 ml ลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ 2 หลอด เติม 1.5 ml 5% Trichloroacetic Acid (TCA) ลงในหลอดทดลองที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ Background Pyruvic acid เติม 1.5 ml น้ำกลั่นลงในหลอดทดลองที่ 2 เพื่อวิเคราะห์ Total Pyruvic Acid เขย่า เจือจางตัวอย่างในช่วง 1-10 เท่าด้วยน้ำกลั่น ตั้งตัวอย่างทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เขย่า (Vertex) (Scientific Industris, Model G-560E) เติมสารละลายที่ได้ 1 ml ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก สำหรับ Blank ให้เติมน้ำกลั่น 1 ml เติม 1 ml 0.0125% 2,4-Dinitrophenylhydrazine ใน 2 N HCl (2,4-DNPH in 2 N HCl) และ 1 ml น้ำกลั่น เขย่า อุ่นหลอดทดลองในอ่าง (Gallenkamp, Italy) ที่อุณหภูมิ 37°C เวลา 10 นาที เติม 5 ml 0.6 N NaOH ลงในหลอด เติม 5 ml สารละลายลงในหลอด Cuvett และเปิด Spectrophotometer (Spectro 22 Labomed, U.S.A.) โดยตั้งค่า Blank ที่ 100 % Transmittance ที่ 420 nm แล้ววัดตัวอย่าง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Sodium Pyruvate ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.025, 0.05, 0.10, 0.20, 0.30 µmoles Pyruvate/ml เติมสารละลายที่ได้ 1 ml ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก สำหรับ Blank ให้เติมน้ำกลั่น 1 mlเติม 1 ml 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH) และ 1 ml น้ำกลั่น เขย่า อุ่นหลอดทดลองในอ่างที่อุณหภูมิ 37°C เวลา 10 นาที เติม 5 ml 0.6 N NaOH ลงในหลอด เติม 5 ml สารละลายลงในหลอด Cuvett และเปิด Spectrophotometer โดยตั้งค่า Blank ที่ 100 % Transmittance ที่ 420 nm แล้วจึงวัดตัวอย่าง สร้างกราฟมาตรฐานโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ข 1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของ Sodium Pyruvate (µmoles Sodium Pyruvate/ml) และ % Transmittance

จากกราฟจะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของ Sodium Pyruvate และ % Transmittance คือ

% Transmittance = -197.09(Sodium Pyruvate)+ 99.27 (R^2 = 0.9991) (ข 7)

Pyruvic Acid = Sodium Pyruvate x Total Dilution (ข 8)

Enzymatically Pyruvic Acid = Total Pyruvic Acid – Basal Pyruvic Acid (ข 9)

แสดงผลการคำนวณเป็น µmoles Pyruvate/g ของแข็งแห้ง

3. วิธีวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA 23.5 g ในน้ำกลั่น 1 Liter นำสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อไปต้มคนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มเป็นช่วง ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มแล้วในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อและฆ่าเชื้อ 121 °C ความดัน 15 lb/in^2 15 นาที รอให้อาหารเลี้ยงเชื้ออุ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอน

บดตัวอย่างในถุง Polypropylene ที่สะอาดและชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 g ใส่ลงในขวดน้ำกลั่น (SCOHTT DURAN, Germany) (Autoclave (Gallenkamp, England) ผ่านการฆ่าเชื้อ121°C ความดัน 15 lb/in^{2}15 นาที) แล้ว 90 ml เขย่าเบาๆ (Dilution ที่ 10^{-1}) ใช้ Pipet ดูดสารละลายมา 1 ml ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 ml (Dilution ที่ 10^{-2}) ใช้ Pipet ดูดสารละลายมา 1 ml ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 ml (Dilution ที่ 10^{-3}) ใช้ Pipet ดูดสารละลายจากหลอดที่เจือจางระดับ 10^{-3} มา 1 ml ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 3 จาน และใช้ Pipet เดิมดูดสารละลายจากหลอดที่เจือจางระดับ 10^{-2} มา 1 ml ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จำนวน 3 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar) (Scharlau Microbiology, Spain European Union) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและหลอมเหลวแล้ว 10-15 ml ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างอาหารอยู่ ผสมสารละลายตัวอย่างอาหารและอาหารเลี้ยงเชื้อให้กระจายเข้ากันดี โดยเขย่าไปข้างหน้าและข้างหลัง 5 ครั้ง หมุนทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง เขย่าไปทางซ้ายและขวา 5 ครั้ง และเขย่าหมุนตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ในขณะหมุนควรระวังไม่ให้อาหารเลอะติดฝาจานเลี้ยงเชื้อ ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวแล้วกลับจานอาหารเลี้ยงเชื้อให้คว่ำลง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 48-72 ชั่วโมง นับ Colony ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30-300 Colony แสดงผลการคำนวณเป็นจำนวนจุลินทรีย์/g ตัวอย่างอาหาร (CFU/g)

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold Count)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA 39.0 g ใน น้ำกลั่น 1 Liter นำสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อไปต้ม คนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มเป็นช่วง ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มแล้วในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อและฆ่าเชื้อ121 °C ความดัน 15 lb/in^2 15 นาที รอให้อาหารเลี้ยงเชื้ออุ่น

ขั้นตอน

บดตัวอย่างและชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 g ใส่ลงในขวดน้ำกลั่น (ผ่านการฆ่าเชื้อ121°C ความดัน 15 lb/in^{2}15 นาที) แล้ว 90 ml เขย่าเบาๆ (Dilution ที่ 10^{-1}) ใช้ Pipet ดูดสารละลายมา 1 ml ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 ml (Dilution ที่ 10^{-2}) ใช้ Pipet ดูดสารละลายมา 1 ml ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 ml (Dilution ที่ 10^{-3}) ใช้ Pipet ดูดสารละลายจากหลอดที่เจือจางระดับ 10^{-3} มา 1 ml ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่แข็งตัว จำนวน 3 จาน และใช้ Pipet เดิมดูด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลายจากหลอดที่เจือจางระดับ 10^{-2} มา 1 ml ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จำนวน 3 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) (Scharlau Microbiology, Spain European Union) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและหลอมเหลวแล้ว 10-15 ml ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างอาหารอยู่ ผสมสารละลายตัวอย่างอาหารและอาหารเลี้ยงเชื้อให้กระจายเข้ากันดี โดยเขย่าไปข้างหน้าและข้างหลัง 5 ครั้ง เขย่าให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง เขย่าไปทางซ้ายและขวา 5 ครั้ง และเขย่าหมุนตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ในขณะเขย่าควรระวังไม่ให้อาหารเลอะติดฝาจานเลี้ยงเชื้อ ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวแล้วหงายจานอาหารเลี้ยงเชื้อขึ้น นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 48-72 ชั่วโมง นับ Colony ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30-300 Colonyแสดงผลการคำนวณเป็นจำนวนยีสต์และรา/g ตัวอย่างอาหาร (CFU/g)

การคำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

-คำนวณได้จากสมการ ข 10

$$N = \frac{\sum c}{V\ (n_1 + 0.1 n_2) d_1} \qquad \text{(ข10)}$$

เมื่อ

N = ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (CFU/g)

C = จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้จากจานเลี้ยงเชื้อทั้งหมด

V = ปริมาตรของสารละลายเชื้อที่ใช้ตรวจ

n_1 = จำนวนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความเข้มข้นที่ 1

n_2 = จำนวนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความเข้มข้นที่ 2

d1 = ระดับความเข้มข้นที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข1 ความชื้นของหอมหัวใหญ่ที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงและเวลา

เวลา (ชั่วโมง)	เกลือแกง 0% (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	เกลือแกง 5% (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	เกลือแกง 7% (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	เกลือแกง 10% (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)
0	14.64±0.00	14.64±0.00	14.64±0.00	14.64±0.00
0.25	-	12.83±0.39	11.27±0.15	11.03±0.16
0.50	-	11.69±0.67	10.41±0.82	10.17±0.13
0.75	-	10.85±0.59	9.22±0.38	9.76±0.25
1.00	15.39±0.64	10.46±0.18	10.48±0.31	9.71±0.17
1.25	-	9.67±0.34	9.66±0.32	8.90±0.09
1.50	-	11.20±0.36	9.24±0.44	8.70±0.14
2.00	14.96±0.38	10.84±0.26	9.03±0.18	8.94±0.09
2.50	-	9.93±0.27	8.60±0.25	8.29±0.10
3.00	23.29±0.36	11.29±0.66	9.26±0.20	8.36±0.19
4.00	22.34±0.74	10.70±0.23	8.61±0.41	8.61±0.30
5.00	22.03±0.72	10.94±0.49	9.23±0.39	8.36±0.05
6.00	25.98±0.49	10.58±0.84	9.43±0.37	8.15±0.24
7.00	22.59±0.67	10.06±0.08	8.45±0.60	8.27±0.32
8.00	22.03±0.66	9.67±0.90	8.89±0.17	8.30±0.14
9.00	22.74±0.26	10.56±0.67	8.67±0.22	7.56±0.41

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข 2 ปริมาณเกลือแกงของหอมหัวใหญ่ที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงและเวลา

เวลา (ชั่วโมง)	เกลือแกง 0% (g เกลือ/ g ของแข็งแห้ง)	เกลือแกง 5% (g เกลือ/ g ของแข็งแห้ง)	เกลือแกง 7% (g เกลือ/ g ของแข็งแห้ง)	เกลือแกง 10% (g เกลือ/ g ของแข็งแห้ง)
0	0	0	0	0
0.25	0	0.07±0.00	0.11±0.00	0.20±0.00
0.50	0	0.12±0.00	0.11±0.02	0.22±0.01
0.75	0	0.14±0.00	0.11±0.01	0.25±0.00
1.00	0	0.15±0.01	0.16±0.00	0.25±0.02
1.25	0	0.12±0.01	0.18±0.02	0.21±0.01
1.50	0	0.15±0.00	0.17±0.03	0.30±0.01
2.00	0	0.16±0.01	0.19±0.01	0.26±0.01
2.50	0	0.17±0.01	0.16±0.02	0.27±0.01
3.00	0	0.19±0.01	0.19±0.02	0.27±0.00
4.00	0	0.19±0.02	0.21±0.02	0.32±0.01
5.00	0	0.17±0.01	0.23±0.02	0.30±0.00
6.00	0	0.19±0.01	0.19±0.01	0.31±0.02
7.00	0	0.18±0.01	0.22±0.02	0.34±0.02
8.00	0	0.18±0.01	0.23±0.02	0.33±0.02
9.00	0	0.20±0.20	0.22±0.02	0.32±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข 3 ความชื้นและอัตราการอบแห้งของหอมหัวใหญ่ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

เวลา (ชั่วโมง)	Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)	Osmotic+Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Osmotic+Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)
0.00	14.50±0.00	-	10.68±0.00	-
0.08	14.27±0.03	59.81	10.46±0.24	47.80
0.17	13.60±0.03	64.24	9.93±0.22	44.87
0.25	13.31±0.03	58.41	9.74±0.20	51.67
0.33	12.98±0.03	58.34	9.48±0.20	46.16
0.42	12.60±0.03	61.93	9.18±0.19	46.81
0.50	12.22±0.01	58.41	8.92±0.18	46.14
0.58	11.86±0.02	57.99	8.64±0.19	43.01
0.67	11.52±0.02	54.52	8.40±0.17	40.96
0.75	11.19±0.02	54.52	8.14±0.16	43.88
0.83	10.84±0.04	62.23	7.86±0.15	46.75
0.92	10.44±0.02	54.52	7.57±0.15	40.96
1.00	10.15±0.02	52.32	7.36±0.17	37.39
1.17	9.51±0.01	52.57	6.86±0.15	39.49
1.33	8.84±0.04	50.59	6.40±0.13	38.01
1.50	8.26±0.05	46.70	5.95±0.13	36.89
1.67	7.70±0.03	46.73	5.50±0.13	32.30
1.83	7.08±0.10	46.70	5.16±0.11	33.82
2.00	6.560.06	35.03	4.68±0.10	28.70
2.25	5.80±0.03	39.98	4.11±0.09	30.22
2.50	5.09±0.03	37.62	3.58±0.07	29.72
2.75	4.42±0.04	35.03	3.04±0.09	27.67
3.00	3.77±0.02	32.44	2.57±0.06	23.39

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข 3 ความชื้นและอัตราการอบแห้งของหอมหัวใหญ่ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)	Osmotic+Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Osmotic+Tray Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)
3.25	3.25±0.02	28.55	2.19±0.07	20.50
3.50	2.76±0.04	28.55	1.82±0.06	21.52
3.75	2.17±0.06	29.84	1.40±0.05	21.52
4.00	1.67±0.04	25.79	1.04±0.02	19.47
4.25	1.27±0.02	14.27	0.71±0.04	13.32
4.50	1.09±0.05	7.79	0.54±0.02	7.80
4.75	1.00±0.08	5.19	0.43±0.26	2.92
5.00	0.90±0.05	0.97	0.43±0.08	0.26
5.50	0.90±0.08	0.32	0.43±0.07	0.26
6.00	0.85±0.03	0	0.43±0.08	5.58E-05
7.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
8.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
9.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
10.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
11.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
12.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
13.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
14.00	0.85±0.03	0	0.36±0.08	0
15.00	0.855±0.03	0	0.36±0.08	0

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข 4 ความชื้นและอัตราการอบแห้งของหอมหัวใหญ่ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (ชั่วโมง)	เวลา (นาฬิกา)	Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)	Osmotic+Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Osmotic+Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)
0.00	9.00	14.66±0.00	-	10.57±0.00	-
0.25	9.15	14.42±0.05	5.5546	10.60±0.05	4.83
0.50	9.30	14.30±0.08	7.6910	10.50±0.08	4.18
0.75	9.45	14.14±0.07	11.109	10.45±0.07	6.43
1.00	10.00	13.97±0.08	9.40	10.36±0.08	10.30
1.25	10.15	13.80±0.24	7.69	10.13±0.24	10.62
1.50	10.30	13.70±0.40	11.11	9.97±0.40	12.23
1.75	10.45	13.36±0.26	15.81	9.77±0.26	16.40
2.00	11.00	12.92±0.25	19.65	9.41±0.25	16.10
2.25	11.15	12.62±0.52	21.79	9.18±0.52	23.18
2.50	11.30	12.31±0.84	18.80	8.76±0.84	14.17
2.75	11.45	12.00±0.80	19.65	8.66±0.80	16.10
3.00	12.00	11.71±0.67	21.79	8.62±0.67	14.49
3.25	12.15	11.18±0.52	26.49	8.13±0.52	19.32
3.50	12.30	10.60±0.42	26.92	7.72±0.42	18.67
3.75	12.45	10.20±0.45	23.50	7.45±0.45	19.00
4.00	13.00	9.79±0.57	23.50	7.16±0.57	14.167
4.25	13.15	9.33±0.62	23.07	6.93±0.62	17.37
4.50	13.30	8.94±0.60	23.50	6.66±0.60	17.69
4.75	13.45	8.55±0.66	24.78	6.28±0.66	18.01
5.00	14.00	8.07±0.67	21.36	5.96±0.67	16.10
5.25	14.15	7.77±0.63	22.65	5.68±0.63	15.13
5.50	14.30	7.49±0.30	21.79	5.41±0.63	16.42

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข 4 ความชื้นและอัตราการอบแห้งของหอมหัวใหญ่ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	เวลา (นาฬิกา)	Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)	Osmotic+Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง)	Osmotic+Solar Drying (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง xชั่วโมง-ตารางเมตร)
5.75	14.45	7.11±0.68	17.94	5.08±0.67	17.05
6.00	15.00	6.83±0.66	14.95	4.72±0.66	12.88
6.25	15.15	6.56±0.63	13.67	4.52±0.63	8.37
6.50	15.30	6.31±0.62	11.11	4.42±0.62	7.08
6.75	15.45	6.00±0.54	13.67	4.26±0.54	8.69
7.00	16.00	5.81±0.46	5.34	4.10±0.46	2.90
7.50	9.30	5.58±0.48	3.63	3.90±0.49	2.73
8.00	10.00	5.34±0.51	5.34	3.75±0.52	5.63
8.50	10.30	5.18±0.61	10.25	3.61±0.61	11.43
9.00	11.00	4.48±0.31	15.38	2.92±0.31	12.07
9.50	11.30	4.06±0.44	15.17	2.56±0.44	12.70
10.00	12.00	3.48±0.40	16.24	1.98±0.40	14.33
10.50	12.30	2.68±0.33	19.65	1.51±0.33	12.87
11.00	13.00	1.82±0.29	19.23	1.11±0.29	11.91
11.50	13.30	1.19±0.24	14.95	0.64±0.24	10.46
12.00	14.00	0.72±0.21	11.11	0.13±0.22	7.57
12.50	14.30	0.41±0.01	4.91	0.10±0.01	1.61
13.00	15.00	0.36±0.00	0.85	0.01±0.01	1.13
13.50	15.50	0.35±0.00	0.43	0.01±0.00	0
14.00	16.00	0.33±0.00	0.21	0.01±0.00	0
14.50	16.30	0.33±0.00	0	-	0
15.00	17.00	0.33±0.00	0	-	-

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข 5 ข้อมูล Desorption Isotherms และ Adsorption Isotherms ที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง

ความชื้นสัมพัทธ์ (%) (10±1 °C)	Desorption Isotherms g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง (%w.b.)	Adsorption Isotherms (g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง) (%w.b.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%) (30 °C)	Desorption Isotherms g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง (%w.b.)	Adsorption Isotherms g น้ำ/ g ของแข็งแห้ง (%w.b.)
11.3	0.154±0.003 (12.20±0.19)	0.084±0.001 (7.43±0.11)	11.3	0.056±0.005 (5.20±0.40)	0.074±0.004 (6.60±0.34)
21.6	0.283±0.006 (21.87±0.39)	0.142±0.003 (12.33±0.23)	21.7	0.088±0.009 (7.87±0.79)	0.123±0.009 (10.65±0.67)
37.2	0.289±0.006 (22.40±0.39)	0.148±0.003 (12.87±0.23)	37.3	0.093±0.009 (8.41±0.79)	0.128±0.009 (11.19±0.67)
45.4	0.409±0.022 (29.02±1.13)	0.181±0.009 (15.30±0.66)	45.4	0.136±0.015 (11.87±1.15)	0.217±0.013 (17.66±0.91)
56.3	0.481±0.022 (36.29±1.13)	0.253±0.009 (22.57±0.66)	56.8	0.208±0.015 (19.16±1.15)	0.290±0.013 (24.93±0.91)
69.5	4.226±0.379 (80.87±1.29)	0.564±0.008 (36.06±0.32)	67.9	0.866±0.075 (45.90±2.15)	0.485±0.008 (32.42±0.38)
75.0	5.034±0.276 (83.43±0.79)	0.638±0.015 (38.94±0.59)	75.1	1.354±0.064 (57.57±1.14)	0.619±0.020 (38.25±0.76)
82.8	8.651±0.279 (89.64±0.30)	0.881±0.038 (46.83±1.10)	81.6	3.970±0.298 (78.18±1.23)	0.825±0.014 (44.67±0.43)
90.5	12.310±0.151 (92.49±0.09)	1.579±0.039 (61.23±0.58)	92.3	7.097±0.402 (89.11±0.67	1.821±0.030 (65.37±0.39)
94.6	13.600±0.260 (93.15±0.12)	1.862±0.111 (65.06±1.41)	97.0	9.753±0.356 (92.78±0.31)	1.959±0.026 (67.31±0.30)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่
วัน เดือน ปี เกิด	28 ธันวาคม 2521
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย เชียงใหม่
	ปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved