ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

การคำนวณและตารางผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผลการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง

ตาราง ก – 1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) ของน้ำกาแฟสกัดขณะทำการแช่เยือกแข็ง

เวลา	แบบ Progressive crystallization			แบบ Suspension crystallization		
(นาที)	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3
0	5.42 ± 0.22	7.75 ± 0.11	9.08 ± 0.15	5.32 ± 0.06	7.27 ± 0.25	10.40 ± 0.50
10	5.69 ± 0.18	7.87 ± 0.07	9.22 ± 0.15	5.44 ± 0.11	7.16 ± 0.44	10.48 ± 0.33
20	5.88 ± 0.25	8.10 ± 0.17	9.42 ± 0.11	5.56 ± 0.13	7.44 ± 0.53	11.19 ± 0.60
30	6.09 ± 0.28	8.31 ± 0.23	9.66 ± 0.06	5.90 ± 0.36	8.24 ± 0.38	12.25 ± 0.40
40	6.54 ± 0.34	8.50 ± 0.03	9.95 ± 0.25	6.54 ± 0.36	9.03 ± 0.14	13.39 ± 0.23
50	6.96 ± 0.20	8.73 ± 0.07	10.33 ± 0.36	7.12 ± 0.16	9.89 ± 0.30	14.65 ± 0.71
60	7.75 ± 0.11	9.08 ± 0.15	10.80 ± 0.41	7.27 ± 0.25	10.40 ± 0.50	17.54 ± 0.11
น้ำแข็ง	3.31 ± 0.05	3.34 ± 0.01	3.39 ± 0.08	2.34 ± 0.14	2.91 ± 0.20	4.74 ± 0.43

การคำนวณ

ภาคผนวก ก -1 การหาประสิทธิภาพการทำให้เข้มข้น

สามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\eta(\%) = \frac{C_s - C_i}{C_s} \times 100$$

เมื่อ $\eta(\%)$ = ประสิทธิภาพในการทำให้เข้มข้น

C_s = ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งในน้ำกาแฟสกัดเข้มข้น

C_i = ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งในน้ำแข็ง

$$\eta(\%) = \frac{10.41 - 9.91}{10.41} \times 100 = 4.80$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก – 2 การหาค่าการแพร่ความร้อน (thermal diffusivity)
สามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

เมื่อ α = thermal diffusivity (m^2 / s)
ρ = density (kg / m^3)
C_p = specific heat capacity (J / kg. K)
k = thermal conductivity (W / m. K)

$$\alpha = \frac{0.6143}{1{,}022 \times 18.1318}$$

ภาคผนวก ก – 3 การหาค่าร้อยละของผลผลิตของน้ำกาแฟสกัด
สามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\text{\% Yield} = \frac{\text{ปริมาตรของน้ำกาแฟสกัดเข้มข้นที่เหลือ(ลิตร)} \times 100}{\text{ปริมาตรของน้ำกาแฟสกัดเริ่มต้น(ลิตร)}}$$

$$\text{\% Yield} = \frac{4 \times 100}{10} = 40$$

ภาคผนวก ก – 4 การหาค่าปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำกาแฟสกัดเข้มข้น
สามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\text{การคำนวณปริมาณกรด (\%)} = \frac{M \times V1 \times 7.0 \times 100}{V2 \times 1{,}000}$$

เมื่อ 7.0 = กรัมสมมูลของกรดซิตริก (mg)
M = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (M)
V1 = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (ml)
V2 = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณกรดทั้งหมด (%) = $\frac{0.1 \times 0.2 \times 7.0 \times 100}{10 \times 1{,}000}$

= 0.0014

ภาคผนวก ก – 5 การหาค่าจุดแช่เยือกแข็งของน้ำกาแฟสกัด

สามารถคำนวณได้ตามสูตรดังต่อไปนี้ (Pardo, 2002)

$$T_m = 4.18X_s^2 - 21.03X_s + 273.15$$

เมื่อ T_m = จุดแช่เยือกแข็งของน้ำกาแฟสกัด (K)

X_s = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (kg solid/kg solution)

$$T_m = 4.18(0.00542)^2 - 21.03(0.00542) + 273.15$$

= 273.036 K ~ 0 ºC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ภาคผนวก ข - 1

การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (total Solid)

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์

1.2 ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven)

1.3 โถดูดความชื้น (Desiccators)

1.4 กระป๋องอบความชื้น (Moisture can)

1.5 ที่คีบกระป๋อง

1.6 ปิเปต 10 มิลลิลิตร

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝา ที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W_1)

2.2 ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ปริมาตร 5 มิลลิลิตร) ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบเรียบร้อยแล้ว และชั่งน้ำหนัก (W_2)

2.3 นำกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝา โดยเปิดฝาออกไปอบที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 ±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

2.4 นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า โดยปิดฝาทันที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.5 นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ (W_3)

3. วิธีการคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก $= \left[1-\frac{W_2-W_3}{W_2-W_1}\right]\times 100$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น หน่วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข -2

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

1. อุปกรณ์ และสารเคมี

1.1 volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.2 burette ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.3 erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร

1.4 ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

1.5 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 M ที่ผ่านการ standardize เรียบร้อยแล้ว

1.6 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 0.5 %

1.7 น้ำกลั่น

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 ปิเปตตัวอย่างกาแฟ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้ 10 มิลลิลิตร ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 2-3 หยด

2.3 นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M จนถึงจุดยุติ สารละลายในฟลาส์กเป็นสีชมพูอ่อน ทำการทดลองอีก 3 ซ้ำ

2.4 หาค่าเฉลี่ยของด่างที่ใช้ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด

3. การคำนวณ

$$\text{การคำนวณปริมาณกรด (\%)} = \frac{M \times V_1 \times 7.0 \times 100}{V_2 \times 1{,}000}$$

เมื่อ 7.0 = กรัมสมมูลของกรดซิตริก (mg)

M = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (M)

V_1 = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (ml)

V_2 = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข - 3

การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC (2000)

1. เครื่องมือที่ใช้วัด

- เครื่อง pH meter

2. วิธีการวัด

2.1 ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง pH meter ก่อนใช้ทุกครั้งด้วยสารละลายบัพเฟอร์พีเอช 7 และ 4

2.2 นำตัวอย่างน้ำกาแฟสกัดเทใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

2.3 ทำการวัดพีเอช โดยใช้ electrode ของ pH meter จุ่มลงไป อ่านค่าพีเอชจากจอ monitor

2.4 ทำการวัด 3 ครั้ง ควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ภาคผนวก ข - 4

การวัดสีระบบ Hunter Lab

1. เครื่องมือที่ใช้

-เครื่องวัดสี Minolta chroma meter รุ่น CR-300 ค่าที่ทำการวัดประกอบด้วย

ค่า L (lightness) คือค่าความสว่าง เมื่อมีค่าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีขาว และเมื่อเข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีดำ

ค่า a* (redness/greeness) คือค่าสีแดง และสีเขียว เมื่อเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดงและเมื่อเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว

ค่า b* (yellowness/Blueness) คือค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน เมื่อเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง และเมื่อเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน

2. วิธีการวัด

2.1 ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนผิวหน้าของแผ่น calibrate สีขาว กดปุ่ม measure ให้เครื่องวัดสี เครื่องวัดสีจะบันทึกข้อมูลของค่าสีขาวของแผ่น calibrate ไว้ คือ (x = 81.17, y = 86.12, z = 91.78)

2.2 ทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยนำตัวอย่างน้ำกาแฟสกัดมา 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยพลาสติกขนาดเล็ก ทำการวัด 3 ครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข – 5

การวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer

เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer) เป็นเครื่องวัดความข้นหนืดแบบแกนหมุน (rotatory viscometer) ใช้วัดความหนืดของอาหารที่มีความข้นหนืดปานกลาง

1. เครื่องมือที่ใช้

- เครื่อง Brookfield-Programmable Viscometer รุ่น LVDV-II+

2. วิธีการ calibrate เครื่องวัดความหนืด

2.1 เปิดสวิตซ์เครื่องวัดความหนืด

2.2 เอาหัววัด (spindle) ออกจากแกนมอเตอร์

2.3 กดปุ่มใด ๆ เครื่องจะทำการ calibrate โดยอัตโนมัติ เมื่อมีการ calibrate เสร็จสิ้นหน้าจอจะขึ้นข้อความว่าให้ใส่หัววัดได้ จึงใส่หัววัดที่จะใช้วัด ซึ่งหัววัดความหนืดมี 7 ขนาด หัววัดหมายเลข 1 จะใช้สำหรับวัดความหนืดในช่วงความเข้มข้นต่ำ หัววัดหมายเลขสูงขึ้นจะใช้วัดความหนืดในช่วงสูงขึ้น

3. วิธีการวัด

3.1 ก่อนทำการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับตั้งหัว spindle ก่อนโดยใช้นิ้วสัมผัสกับ spindle เบาๆ โดยที่ %T (torque) ต้องมีค่าอยู่ที่ 0 ± 0.3%

3.2 เลือกหัว spindle เบอร์ S18

3.3 นำตัวอย่างปริมาตร 8 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกใส่ตัวอย่างแล้วบรรจุเข้ากับ cell เพื่อวัดความหนืด

3.4 ทำการวัด 3 ครั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความหนืดที่วัดได้มีหน่วยเป็นเซนติพอยส์ (centipoises; Cp)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยา

ภาคผนวก ข -6

การตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

1. อุปกรณ์และอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA)

1.2 0.1 % peptone water

1.3 จานเพาะเชื้อ และปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว

1.4 ตู้บ่ม (incubator)

2. การทำเจือจาง (dilution)

2.1 ดูดตัวอย่างน้ำกาแฟสกัดเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย 0.1% peptone water จำนวน 9 มิลลิลิตร จะได้เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีความเข้มข้น 1:10 (10^{-1})

2.2 ทำเจือจางเชื้อจุลินทรีย์จากข้อ 2.1 โดยดูดสารละลายนี้จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปใส่ในสารละลาย 0.1% peptone water จำนวน 9 มิลลิลิตร จะได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้น 1: 100 (10^{-2}) ทำเจือจางต่อไปจนได้ระดับที่เหมาะสม

3. การทำ pour plate

3.1 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายของเชื้อจากหลอดที่มีความเข้มข้น 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ 3 จาน (duplicate) ทำเช่นเดียวกัน โดยใช้ปิเปตอันใหม่ดูดสารละลายเชื้อที่มีความเข้มข้น 10^{-2} และ 10^{-1} ลงในจานเพาะเชื้ออย่างละ 3 จาน

3.2 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส จำนวน 10-15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้างต้น ผสมสารละลายเชื้อและอาหารเลี้ยงเชื้อให้กระจายเข้ากัน โดยเขย่าไปข้างหน้า-หลัง 5 ครั้ง เขย่าไปทางซ้าย-ขวา 5 ครั้ง เขย่าให้หมุนตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง และเขย่าหมุนทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ในขณะที่เขย่าควรระมัดระวังไม่ให้อาหารเลอะติดฝาจานเพาะเชื้อ

3.3 วางจานเพาะเชื้อไว้ให้วุ้นแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

3.4 นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี นำไปคำนวณหาจำนวนของเชื้อที่มีอยู่ในตัวอย่างเป็น cfu/ มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข -7

การตรวจหายีสต์และเชื้อรา

1. อุปกรณ์และอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) pH 3.5

1.2 0.1 % peptone water

1.3 จานเพาะเชื้อ และปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว

1.4 ตู้บ่ม (incubator)

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 ทำการเจือจางตัวอย่างใน 0.1% peptone water จำนวน 9 มิลลิลิตร ให้ได้สารละลายเชื้อที่มีความเข้มข้น 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3}

2.2 ทำ pour plate สารละลายเชื้อความเข้มข้น 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยทำความเข้มข้นละ 3 จาน

2.3 บ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วัน

2.4 นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี นำไปคำนวณหาจำนวนของเชื้อที่มีอยู่ในตัวอย่างเป็น cfu/ มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส
และเอกสารการตรวจวัดทางจุลชีววิทยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบการยอมรับน้ำกาแฟสกัด

(9 point hedonic scale)

รหัสการทดสอบ..... วันที่.....

ชื่อผู้ทดสอบ.....

กรุณาประเมินคุณภาพของน้ำกาแฟสกัด โดยการให้คะแนนของลักษณะต่าง ๆ และคะแนนความชอบโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความชอบดังนี้

9	ชอบมากที่สุด	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
8	ชอบมาก	3	ไม่ชอบปานกลาง
7	ชอบปานกลาง	2	ไม่ชอบมาก
6	ชอบเล็กน้อย	1	ไม่ชอบเลย
5	เฉย ๆ		

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
สี			
กลิ่นกาแฟ			
รสขม			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ

รายงานผลการทดสอบหมายเลขที่ 0280/51 หน้า 1/1

หมายเลขปฏิบัติการ	CM-00250
ชื่อที่อยู่ของผู้ขอรับบริการ	สหัสชา น้ำทิพย์ 350 หมู่ 6 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
รายละเอียดตัวอย่าง	น้ำกาแฟเข้มข้น
หมายเลขตัวอย่าง	-
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	บรรจุกระปุกพลาสติกปิดสนิท จำนวน 1 กระปุก ปริมาตร 150 มิลลิลิตร/กระปุก ไม่มีฉลาก สภาพตัวอย่างที่รับปกติ
วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง	15 กุมภาพันธ์ 2551
วันเดือนปีที่ทดสอบ	15-22 กุมภาพันธ์ 2551
วิธีทดสอบ	วิธีทดสอบมีรายละเอียดดังปรากฏในตาราง
ผลการทดสอบ	ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังปรากฏในตาราง

รายการทดสอบ	วิธีทดสอบ	ผลการทดสอบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	FDA-BAM (1998), 8th ed.	2.9×10^5 โคโลนี/มิลลิลิตร
จำนวนยีสต์และรา	FDA-BAM (1998), 8th ed.	5.2×10^3 โคโลนี/มิลลิลิตร

ผู้ทดสอบ (นางสาวอังคณา ไพสิฐเฟื่องฟู)
นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง (นางสาวเรือนแก้ว ประพฤติ)
ผู้จัดการแผนกพันธุศาสตร์และจุลชีววิทยา
๒๒ ก.พ. ๒๕๕๑

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290 โทร. 053-873842
Institute of Product Quality and Standardization, Biotechnology Centre, Maejo University T. Nongharn, A.Sansai, Chiangmai, Thailand 50290 Tel : +66(0)5387 3842

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

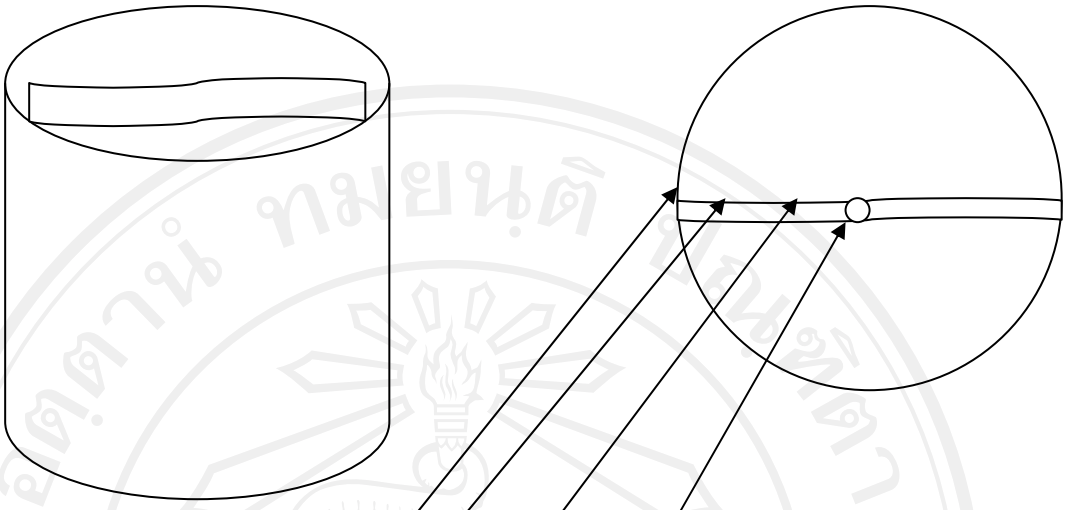
ภาคผนวก ง
รูปภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทำให้เข้มข้นโดยวิธีการแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง ─ 1 เครื่องสร้างผลึกน้ำแข็ง (Crystallizers)

ภาคผนวก ง – 2 เครื่องแยกผลึกน้ำแข็งแบบเหวี่ยง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



จุด T_1 ข้างผนังเครื่องแช่เยือกแข็ง

จุด T_2 ห่างจากผนัง 6 เซนติเมตร

จุด T_3 ห่างจากผนัง 12 เซนติเมตร

จุด T_4 กึ่งกลางถัง ห่างจากผนัง 18 เซนติเมตร

ภาคผนวก ง -3 จุดต่าง ๆ ที่วัดอุณหภูมิระหว่างการแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวสหัสชา น้ำทิพย์

วัน เดือน ปี เกิด 27 มิถุนายน 2523

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนจุนวิทยาคม จังหวัดพะเยา
ปีการศึกษา 2541

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ
ปีการศึกษา 2545

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved