



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ก
รูปภาพประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(a)



(b)



(c)



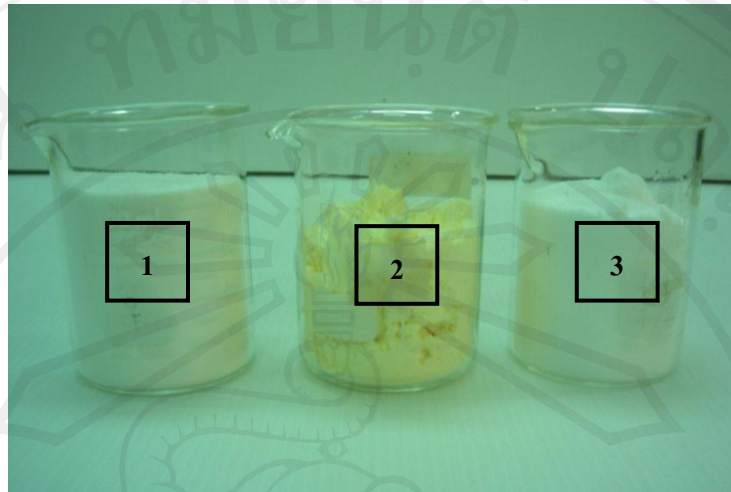
(d)

ภาพผนวกที่ ก1: (a) มะนาวพันธุ์พิจิตร 1

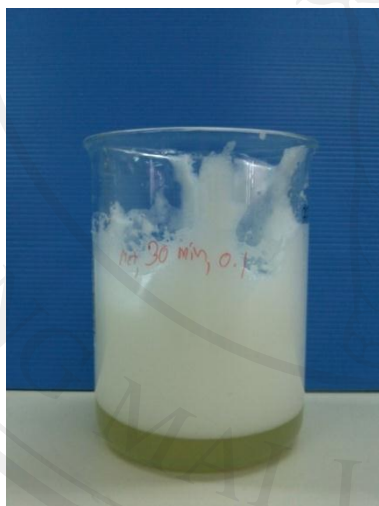
(b) ลักษณะมะนาวที่จะนำไปคั้น (ผ่าเป็นสองซีก)

(c) การคั้นมะนาวด้วยเครื่องคั้นแบบอัตโนมัติ

(d) น้ำมะนาวที่ได้จากการคั้น



ภาคผนวกที่ ๓: สารที่ก่อให้เกิดโฟม (1) Methocel type A 4C (2) Egg albumin (3) GMS



(a)



(b)

ภาคผนวกที่ ๓: (a) โฟมที่ไม่มี ความคงตัว

(b) โฟมที่มีความคงตัว



(a)



(b)

ภาพผนวกที่ ก4: (a) การวัดความหนาแน่นของโฟม

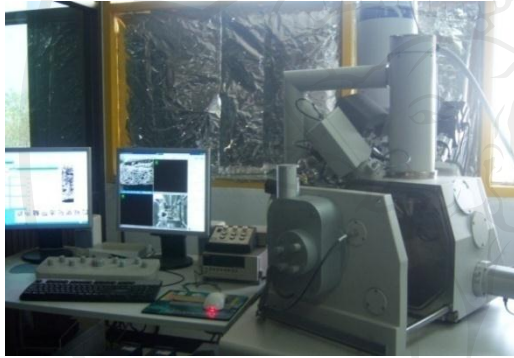
(b) การวัดความคงตัวของโฟม



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

ภาพที่ 5: (a) เครื่องผสมอาหาร

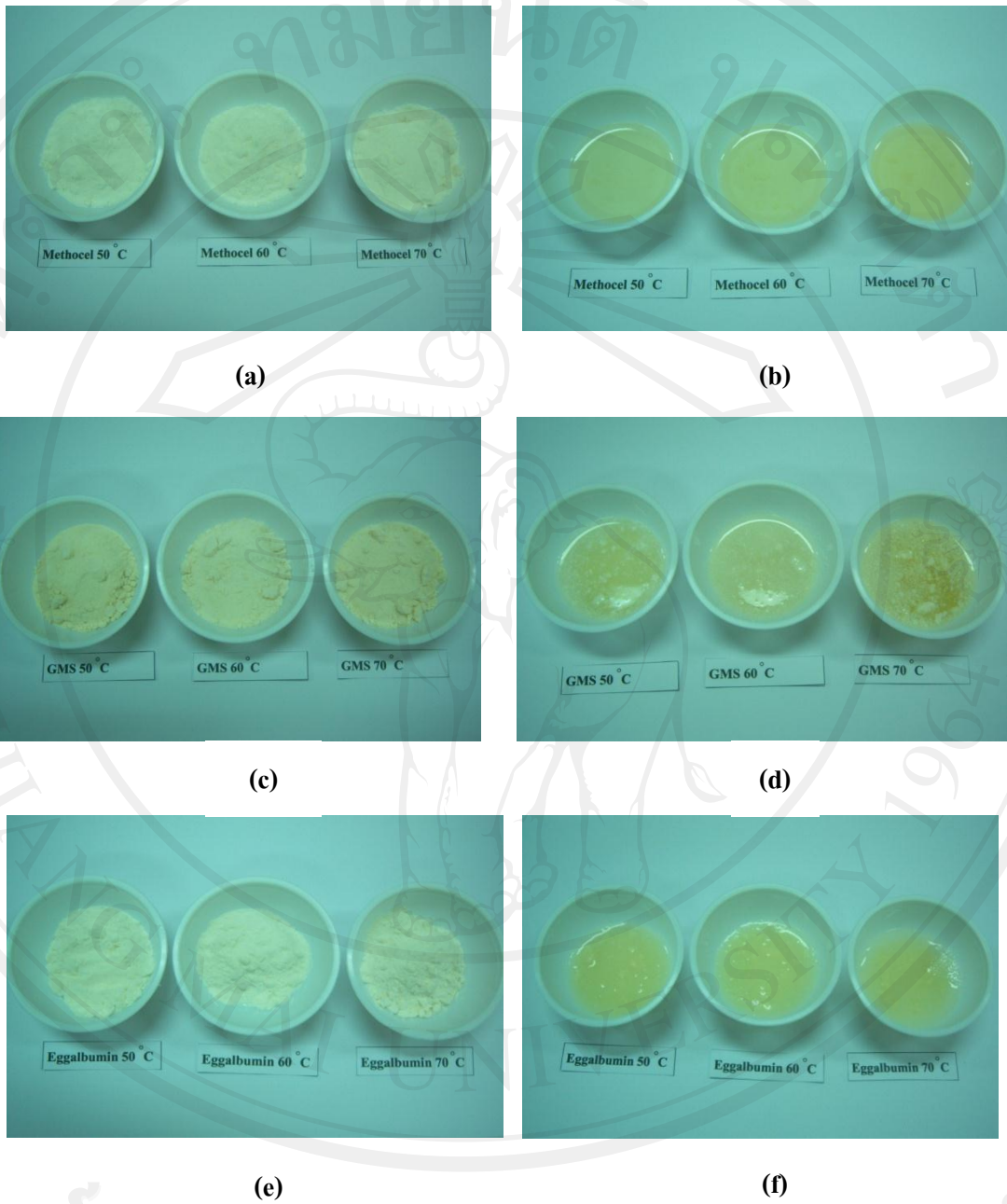
(b) เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryer)

(c) เครื่องโฟกัส ไอออนบีม (Focused Ion Beam : FIB)

(d) เครื่องวัดขนาดอนุภาค (Particle size Analyzer Laser)

(e) ลักษณะของการเคลือบโคมก่อนนำไปอบแห้ง

(f) ลักษณะของโคมที่แห้งแล้ว และการขูดโคมออกจากถาด



ภาพที่ 6: (a) ผงมะนาวสำเร็จรูป (เมทโซเซล) ก่อนการขงละลายที่อุณหภูมิต่างๆ
 (b) ผงมะนาวสำเร็จรูป (เมทโซเซล) หลังการขงละลายที่อุณหภูมิต่างๆ
 (c) ผงมะนาวสำเร็จรูป (GMS) ก่อนการขงละลายที่อุณหภูมิต่างๆ
 (d) ผงมะนาวสำเร็จรูป (GMS) หลังการขงละลายที่อุณหภูมิต่างๆ
 (e) ผงมะนาวสำเร็จรูป (อัลบูมินจากไข่) หลังการขงละลายที่อุณหภูมิต่างๆ
 (f) ผงมะนาวสำเร็จรูป (อัลบูมินจากไข่) หลังการขงละลายที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การวัดสีระบบ Hunter L a b

เป็นการวัดค่าสี L^* , ค่าสี a^* และค่าสี b^* ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (ยี่ห้อ JUKI Model JC801) โดยค่า L^* เป็นค่าความสว่างของสี (lightness) a^* เป็นค่าสีแดง และสีเขียว (redness/greenness) และค่า b^* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

L^* คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
a^* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อ a^* มีค่าบวก เป็นสีแดง เมื่อ a^* มีค่าลบ เป็นสีเขียว
b^* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อ b^* มีค่าบวก เป็นสีเหลือง เมื่อ b^* มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (calibration) โดยใช้แผ่นสีมาตรฐาน แล้วจึงวัดสีของผลิตภัณฑ์ โดยทำการวัด 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. ค่าความหนืด

เปิดสวิทช์เครื่องวัดความหนืด (Viscometer : Brookfield digital viscometer model LVDV-II+ Germany เอาเข็ม (spindle) ออกจากตัวเครื่อง กดปุ่มใดปุ่มหนึ่งที่หน้าปัด เครื่องจะปรับศูนย์โดยอัตโนมัติ เมื่อเรียบร้อยแล้วใส่ Guard leg และเข็ม (spindle) โดยหมุนตามเข็มนาฬิกา จุ่มเข็มลงในสารตัวอย่าง โดยปริมาณตัวอย่างที่ใช้ 8 มิลลิลิตร และใช้หัววัดเบอร์ 21 อ่านค่าจากเครื่องหน่วยเป็น เซนติพอยด์

3. ความหนาแน่น ทดลองโดยใช้ขวดหาคความถ่วงจำเพาะ

การหาคความหนาแน่น โดยใช้ขวดวัดความถ่วงจำเพาะ ทำได้โดยชั่งน้ำหนักขวดวัดความถ่วงจำเพาะ จากนั้นใส่น้ำมะนาวลงไปจนเต็ม ปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 องศาเซลเซียส นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วบันทึกผล นำมาคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ = ความหนาแน่น g/cm^3
 m = มวล (น้ำหนักน้ำมะนาว กรัม)
 v = ปริมาตรขวดวัดความถ่วงจำเพาะ (49.943 cm^3)

4. ความคงตัวของโฟม ตามวิธีของ drainage method (Sauter and Montoure , 1972)

บรรจุโฟมลงในกรวยกรองที่ทราบปริมาตร โดยรองรับของเหลวที่แยกตัวออกมาด้วย กระจกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร ในช่วงเวลา 60 นาที บันทึกปริมาตรของของเหลวที่แยกออกมา ทุกๆ 10 นาที

5. ความหนาแน่นของโฟม (ดัดแปลงจากวิธีของ รัตนา, 2545)

นำโฟมที่ต้องการวัดความหนาแน่น บรรจุลงใน plate บรรจุให้เต็มโดยไม่มีโพรงอากาศ ภายในถ้วย เกลี่ยโฟมที่ล้นบริเวณปาก plate ด้วยพายยาง เช็ดบริเวณรอบนอกถ้วย อย่าให้มีเศษ โฟมเหลืออยู่ จากนั้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ plate ที่บรรจุโฟมนั้น นำมาคำนวณหาความ หนาแน่นของโฟมดังนี้

ความหนาแน่นของโฟม (กรัมต่อมิลลิลิตร) = $\frac{\text{น้ำหนักของโฟม}}$

ปริมาตรของถ้วย

= $\frac{\text{น้ำหนักของถ้วยเมื่อบรรจุโฟม} - \text{น้ำหนักถ้วย}}$

ปริมาตรของถ้วย

6. ค่า overrun (Kirk and Sawyer , 1991)

ชั่งน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสมก่อนตีโฟม และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของ โฟมและคำนวณหา overrun ดังนี้

$$\text{overrun} = \frac{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสม} - \text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโพลีเมอร์} \times 100}{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโพลีเมอร์}}$$

น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโพลีเมอร์

7. ลักษณะของรูพรุน โดยเครื่อง Focused ion beam (FIB)

เป็นการส่องคุณลักษณะรูพรุนของโพลีเมอร์ด้วยเครื่อง Focused Ion Beam : FIB รุ่น Quanta 200 3D, Singapore โดยนำตัวอย่างโพลีเมอร์มาพร้อมคีมที่ผ่านการอบแห้ง ไปตัดให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ตัดแล้วติดลงบนแท่นวางชิ้นงาน จากนั้นนำตัวอย่างไปเคลือบทอง เนื่องจากว่าตัวอย่างไม่นำไฟฟ้า จึงต้องมีการเคลือบทอง เมื่อเคลือบทองเสร็จ นำตัวอย่างที่วางบนแท่นไปใส่ในเครื่อง FIB โดยวางลงบน Sub-stage ที่อยู่ในตัวเครื่อง จากนั้นเปิดเครื่อง และตั้งค่า กำลังขยาย 200X กดปุ่มอ่านและซูม เมื่อได้ภาพที่ต้องการกดถ่ายภาพ แล้วบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

8. ขนาดของอนุภาค หาโดยเครื่อง Particle size analyzer laser

เป็นการวัดขนาดอนุภาคของผงมะนาวสำเร็จรูปด้วยเครื่อง Particle size Analyzer Laser, Malvern Instruments Limited รุ่น Mastersizer S, Singapore โดยเตรียมเอทานอลปริมาณ 500 มิลลิลิตร เทใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร นำไปวางตรงเครื่อง Particle size analyzer laser จากนั้นจุ่มหัวอ่านลงไปใเอทานอล เปิดเครื่องโดยใช้ Range lens 300 RF mm, He-Ne laser source, λ : 633 nm, Beam length 2.40 mm, Particle size range analysis 0.05-900 μm , Small sample dispersion unit : MS1, ค่าดัชนีหักเห ตัวอย่าง Lemon 1.474, ค่าดัชนีหักเหของสารช่วยกระจาย Ethanol 1.360 และ Obsuration ของตัวอย่างอยู่ในช่วง 10-30 % ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง (ผงมะนาวสำเร็จรูป) ปริมาณ 75.5 กรัม ค่อยๆเติมทีละน้อยลงไปใเอทานอล แล้วอ่านค่าที่ได้จากเครื่อง Particle size analyzer laser



ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดซิตริก ตามวิธีของ AOAC (2000)

สารเคมีที่ต้องเตรียม

สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ซั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลาย
ในน้ำกลั่นโดยให้สารละลายมีปริมาตรสุดท้าย 1,000 มิลลิลิตร

Phenolphthalein (for indicator) ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 กรัม ในแอลกอฮอล์ 500 มิลลิลิตร
เติมน้ำ 500 มิลลิลิตร คนให้สารละลายเข้ากัน ทำการกรองถ้ามีตะกอน

การเตรียมตัวอย่าง

ปิเปตน้ำมะนาวจำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ
กลั่นให้ครบปริมาตร จากนั้นปิเปตตัวอย่างในที่เจาะจางแล้ว มา 10 มิลลิลิตร ในลงในพลาสติก หยดฟิ
นอล์ฟทาลีนลงไป 2-3 หยด

การหาปริมาณกรดซิตริกในตัวอย่าง

ทำการไตเตรทตัวอย่างที่เตรียมไว้กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไตเตรทจนได้
สารละลายสีชมพูอ่อน (pale pink) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริกจากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณกรดซิตริก (w\%w)} = \frac{\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (ml)} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times 0.064 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

2. ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธีการไตเตรทตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล (Indo phenol) ตามวิธีของ AOAC (2000)

สารเคมี

กรดเมตาฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 20

กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน

สารละลายสี 2,6 - ไคคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล

การเตรียมสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 20

ซึ่งกรดเมตาฟอสฟอริกมา 20 กรัมละลายในน้ำกลั่นคนจะละลายหมด จากนั้นเทใส่ในขวด ปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ให้สารละลายเข้ากัน

การเตรียมสารละลายแอสคอร์บิกมาตรฐาน

ซึ่งแอสคอร์บิกบริสุทธิ์มา 0.05 กรัม ละลายในสารละลายเมตาฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 20 จำนวน 60 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปรับให้ได้ 250 มิลลิลิตร สารละลายวิตามินซีที่ได้ 1 มิลลิลิตร มีวิตามินซี 0.2 มิลลิกรัม เตรียมทันทีก่อนใช้

การเตรียมสารละลายอินโดฟินอลมาตรฐาน

ซึ่ง สี 2,6 - ไคคลอโรฟินอลอินโดฟินอล มา 0.05 กรัมละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กรอง สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้ 2-3 สัปดาห์ และควรไตเตรทกับสารละลายวิตามินซีมาตรฐานก่อนใช้ทุกครั้ง

การหาปริมาณวิตามินซี

ปิเปตน้ำมะนาวมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกลงไป 25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน ปิเปตน้ำมะนาวที่เจือจางแล้วมา 10 มิลลิลิตร ใส่ในพลาสติกขนาด 125 มิลลิลิตร ทำการไตเตรทด้วยสารละลายอินโดฟินอล จนกระทั่งได้สีชมพูอ่อน ซึ่งสีจะคงตัวนาน 15 วินาที จดปริมาตรสารละลายอินโดฟินอลที่ใช้ คำนวณหาปริมาณวิตามินซีเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก/100 มิลลิลิตรตัวอย่าง} = \frac{20 (Y) \times F}{B}$$

Y = ปริมาตรของสารละลายอินโดฟินอลที่ใช้กับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายอินโดฟินอลที่ใช้กับแบลнк (มิลลิลิตร)

F = มาตรฐานของกรดแอสคอร์บิกที่คำนวณได้ (มิลลิกรัม)

3. การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w)

การวัดค่า a_w ทำได้โดยใช้เครื่อง Aqualab, รุ่น CX 3 TE Model series 3 S36092, USA ก่อนทำการวัดต้องเปิดเครื่องให้ทำงานจนกว่าเครื่องจะแสดงว่าพร้อมทำงาน จึงนำตัวอย่างผงมะนาวสำเร็จรูปไปส่งในงาน สำหรับวัดค่า a_w รอจนกว่าเครื่องจะแสดงผลว่าให้อ่านค่าได้ จึงบันทึกผล

4. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

1. ทำความสะอาด Hand refractometer ก่อนอ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยกระดาษทิชชู
2. ทำการปรับค่าปริมาณของแข็งด้วยน้ำบริสุทธิ์โดยปรับให้เท่ากับศูนย์
3. หลังจากปรับค่าปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์แล้วใช้กระดาษทิชชูเช็ดฝาครอบ และด้านปริซึมให้สะอาดและแห้ง
4. นำตัวอย่างอาหารมาเกลี่ยบนด้านที่มีปริซึม
5. ใช้ฝาครอบ Hand refractometer ปิดลงแล้วอ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) โดยเร็วที่สุด ถ้าตัวเลขที่ใช้วัดค่าความหวานเห็นไม่ชัด ก็สามารถปรับได้ด้วยเลนส์ใกล้ตา
6. เมื่ออ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแล้ว ใช้น้ำสะอาดล้างตรวจบริเวณฝาครอบ และด้านที่มีปริซึมให้สะอาด ชับด้วยกระดาษทิชชูให้แห้ง

5. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำผงมะนาวสำเร็จรูปที่ชั่งละลายแล้วไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Hanna Instruments : Model HI 9021) ซึ่งได้ปรับค่ามาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ

6. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผงมะนาวสำเร็จรูปประมาณ 3-5 กรัมใส่ใน moisture can ที่ผ่านการอบแห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน

ประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบแล้วปล่อยให้เย็นในโถคู่ความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำจน
ได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้น ร้อยละ

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ (ก่อนการอบ)}} \times 100$$



ภาคผนวก ง
แบบทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบ

ผลิตภัณฑ์น้ำมะนาวผงสำเร็จรูป

ชื่อ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างนี้ตามลำดับที่น่าเสนอ และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = เฉยๆ

6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

9 = ชอบมากที่สุด

หมายเหตุ : กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

คุณลักษณะ	รหัส		
สี			
กลิ่นมะนาว			
กลิ่นน้ำผึ้ง			
รสเปรี้ยว			
รสหวาน			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....



ภาคผนวก จ

การคำนวณต้นทุนการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ง การคำนวณต้นทุนในการผลิตเครื่องดื่มน้ำมะนาวผง โดยวิธีทำแห้งแบบ
โฟม-แมท ที่ใช้เมทโรเซลเป็นสารก่อให้เกิดโฟม และอบแห้งที่อุณหภูมิ
60 องศาเซลเซียส

รายการ	ราคา(บาท)/หน่วย	จำนวนที่ใช้	คิดเป็นเงิน (บาท)
น้ำมะนาว	1.50/ลูก	200 ลูก	300
น้ำตาลทราย	23.50/กก.	0.2985 กก.	7
น้ำผึ้ง	240/กก.	0.0995 กก.	24
เกลือ	24/กก.	0.005 กก.	0.12
มอลโตเดกซ์ตริน	190/กก.	0.15 กก.	28.5
เมทโรเซล	1,000/กก.	0.013 กก.	13
ค่าไฟฟ้า	7.00/ชม.	4 ชั่วโมง	28
รวมเป็นเงิน			400.51
ผลผลิตที่ได้ = 0.35 กก. ; ค่าใช้จ่ายในการผลิต/กก.			1144.32~1145

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล

นางสาวปนัดดา

ฤทธิ์นุช

วัน เดือน ปี เกิด

22 เมษายน 2530

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชัชวาทพิทยาคม ปี
การศึกษา 2548สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
อุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ ปีการศึกษา 2552