# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ภาคผนวก ก

# การเตรียมวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## การเตรียมมะนาว

**1. การเตรียมมะนาว**

1. ในการเตรียมมะนาวเพื่อทำการศึกษาจะใช้มะนาวพันธุ์แป้นจากสวนเทพหรรษา ต.ตะลุง อ.เมือง จ.ลพบุรี โดยทำการเก็บผลมะนาวที่มีอายุ 14-15 สัปดาห์ผลมะนาวจะต้องมีเปลือกสีเขียว เส้นผ่านศูนย์กลางของผลในแนวนอน 5-6 เซนติเมตร และในแนวตั้ง 4-5 เซนติเมตร

2. นำมะนาวที่เก็บได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกรอง แล้งผึ่งลมให้แห้ง

3. ทำการแบ่งมะนาวออกเป็นกลุ่มคละเคล้ากัน กลุ่มละ 10 ผล (คิดเป็น 1 ตัวอย่าง)

4. นำมะนาวแต่ละกลุ่มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

**ภาพ ก-1** มะนาวพันธ์แป้นผลสดอายุ 14-15 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2. การคั้นน้ำมะนาว**

1. ในการคั้นน้ำมะนาวจะใช้ที่คั้นน้ำมะนาว แบบบีบกด (ภาพ ก-2 ) โดยจะใส่มะนาวลงไปครั้งละ 2 ผล และบีบกดเพียง 3 ครั้ง

2. มะนาวที่จะคั้นน้ำจะนำมาผ่าครึ่งลูก ทั้งที่ปอกเปลือกออกแล้ว และยังไม่ปอกเปลือก

3. ทำการคั้นน้ำมะนาวทั้ง 10 ผลรวมกันและถือเป็น 1 ตัวอย่าง

4. นำน้ำมะนาวที่คั้นได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยวัดค่าต่างๆ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ยกเว้นปริมาณสารลิโมนินที่ วัดค่า 1 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

**ภาพ ก-2** ที่คั้นน้ำมะนาว แบบบีบกด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**3. การปอกเปลือกมะนาว**

1. มะนาวสด และมะนาวที่ผ่านการลวกที่จะต้องปอกเปลือก จะปอกด้วยมีดปอกผลไม้ชนิดบาง เพื่อลดการทำให้น้ำมะนาวแตกออกมา ปอกเปลือกสีเขียวออกจนหมด และลอกส่วนที่เป็นเยื่อขาว (albedo) ออกจนหมด จนได้ผลมะนาวดังภาพ ก-3

**ภาพ ก-3** ผลมะนาวที่ปอกเปลือก

**ภาพ ก-4** เปลือกมะนาว และเนื้อเยื่อสีขาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4. การลวกผลมะนาว**

1.ในการลวกผลมะนาวจะลวกพร้อมกันทีละ1 ตัวอย่าง (10 ผล)โดยใส่ลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งอุณหภูมิของน้ำให้ได้ตามที่ต้องการ และวัดอุณหภูมิน้ำด้วยเทอร์โมมิเตอร์เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในอ่างควบคุม

2. ในการลวก ผลมะนาวจะต้องจมอยู่ใต้น้ำตลอดเวลาที่ลวกผลมะนาว โดยการใช้ตะแกรงโลหะกดครอบ ผลมะนาวไว้ตลอดเวลาการลวก

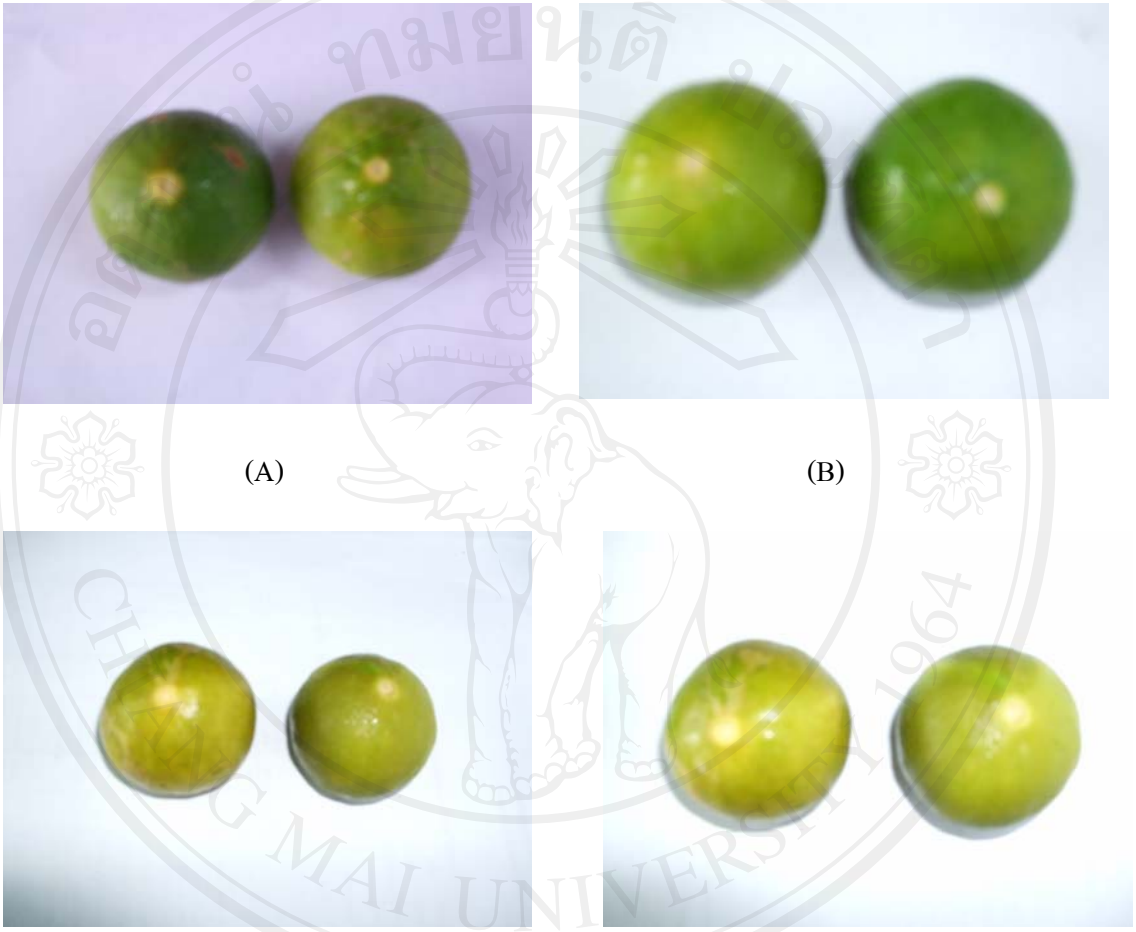
3.เมื่อครบกำหนดเวลาในการลวกผลมะนาวให้นำผลมะนาวออกมาแช่น้ำเย็น 0 องศาเซลเซียส ปริมาตรน้ำ 10 ลิตรทันที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาห่อด้วยกระดาษทิชชูอย่างหนาเพื่อซับน้ำ แล้วนำผลมะนาวมาตากลมจนแห้งอีก 10 นาที แล้วนำไปปอกเปลือก หรือนำไปคั้นน้ำต่อไป

4. น้ำร้อนที่ใช้ลวกมะนาวจะเปลี่ยนทุกครั้งที่มีการลวกผลมะนาวตัวอย่างใหม่

5. ที่อุณหภูมิ 100 องสาเซลเซียสใช้การต้มน้ำจนเดือดในหม้อขนาดบรรจุ 15 ลิตร แทนการใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**5. ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน**



(A) (B)

(C) (D)

**ภาพ ก-5** ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
(A) เวลา 1 นาที (B) เวลา 2 นาที
(C) เวลา 3 นาที (D) เวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(A)

(B)

(C)

(D)

**ภาพ ก-6** ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

(A) เวลา 1 นาที (B) เวลา 2 นาที

(C) เวลา 3 นาที (D) เวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(A) (B)

(C) (D)

**ภาพ ก-7** ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

(A) เวลา 1 นาที (B) เวลา 2 นาที

(C) เวลา 3 นาที (D) เวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(A)

(B)

(C)

(D)

**ภาพ ก-8** ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

(A) เวลา 1 นาที (B) เวลา 2 นาที

(C) เวลา 3 นาที (D) เวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

**การวัดสีระบบ CIE (CIE color system)**

**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

**วิธีการวัด**

1.ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนผิวหน้าของแผ่น Calibrate สีขาว กดปุ่ม measure ให้เครื่องวัดสี เครื่องวัดสีจะบันทึกข้อมูลของค่าสีขาวของแผ่น Calibrate ไว้

2.ทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผึ้งผสมมะนาวเสริมเกสรผึ้ง โดยนำตัวอย่างน้ำมะนาวมา 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยพลาสติกขนาดเล็ก ทำการวัด 3 ครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

**1.การตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** (Total soluble solid: °Brix )

**เครื่องมือที่ใช้วัด**

-เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer) ของบริษัท JAPAR TECHCENTER Pocket Refractometer; PAL-α , ATAGO, Japan ที่สามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 0-85 ºBrix

**วิธีการวัด**

- เปิดเครื่องไว้ล่วงหน้า 5 นาทีเพื่อทำการ warm เครื่อง

- หยดน้ำกลั่นลงไป 5 หยดที่บริเวณใส่ตัวอย่าง กดปุ่ม ZERO เพื่อปรับค่าการหักเหของแสงให้เป็น 0

- เช็ดน้ำกลั่นออกให้หมด และช่องใส่ตัวอย่างแห้งและสะอาด

- ใส่ตัวอย่างน้ำมะนาวลงไป 5 หยด แล้วกดปุ่ม start เพื่อวัดค่าการหักเหของแสง ล้างช่องใส่ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู ทำการวัดตัวอย่างต่อได้ โดยไม่ต้องปรับค่า 0 (ยกเว้นกรณี ปิดแล้วเปิดเครื่องใหม่ ทุกครั้งต้องปรับค่า 0)

**2. การหาปริมาณกรดทั้งหมด (Total tritratable acid) ตามวิธีของ AOAC, 2000**

**วิธีวิเคราะห์**

ปิเปตน้ำมะนาวมา 5 มิลลิลิตรปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นและหยดสารละลายฟีนอฟธาลีน 3 หยด แล้วจึงนำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (โดยการทำ standardization กับสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทเลท) จนสังเกตเห็นจุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ จากนั้นคำนวณหา ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ดังนี้

การคำนวณปริมาณกรด (mg/ml) = $\frac{A}{B} \times \frac{C}{1000} \times 64.04$

A = ความเข้มข้นของ NaOH (N)

B = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ (ml)

C = ปริมาตร NaOH ที่ใช้ (ml)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**3. การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 2000**

**เครื่องมือที่ใช้วัด**

-เครื่อง pH meter; Sartorius: PB10, Germany

**วิธีการวัด**

1.ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง pH meter ก่อนใช้ทุกครั้งด้วยสารละลายบัพเฟอร์ พีเอช 7 และ 4

2.นำตัวอย่างน้ำมะนาวเทใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

3.ทำการวัดพีเอช โดยใช้ electrode ของ pH meter จุ่มลงไป อ่านค่าพีเอชจากจอ monitor

4.ทำการวัด 3 ครั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25±2 องศาเซลเซียส

**4. ปริมาณวิตามินซี ใช้วิธีการไตเตรตโดยตรงด้วยสารละลายไอโอดีน (AOAC, 2000)**

**สารเคมี**

- สารละลายไอโอดีนมาตรฐาน 0.1 N เตรียมโดยละลาย $I_2$ 12.69 กรัม และ 19.52 กรัมของ KI ในบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชาไว้ 2 วันเพื่อให้ $I_2$ ละลายจนหมดและคงตัว จากนั้นนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไตเตรตกับ 0.1 N ของ $As_2O_3$ ใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์จุดยุติสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนมาตรฐานโดย

ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน $= \frac{A}{B} \times C$

A = ปริมาตรของ $As_2O_3$ (ml)

B = ปริมาตรของ $I_2$ (ml)

C = ความเข้มข้นของ $As_2O_3$ (N)

- สารละลายน้ำแป้ง 1% เตรียมโดยละลายแป้งมันสำปะหลัง 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนละลายหมดได้สารละลายที่ใส ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- Starch-acid solution เตรียมโดยนำสารละลายแป้ง 1% 17 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น 977 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ($H_2SO_4$) 19 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น1ลิตรด้วยน้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**วิธีการวิเคราะห์**

1. เติมน้ำมะนาว 25 มิลิลิตรลงใน 35 มิลลิลิตร Starch-acid solution ในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร

2.วางบีกเกอร์ลงบนเครื่องคนสารอัตโนมัติใส่แท่งแม่เหล็กลงในบีกเกอร์เพื่อคนสารตลอดเวลาในการไตเตรต

3. ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน $I_2$ จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

4. คำนวณหาปริมาณวิตามินซีโดย

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (mg/1ooml)} = \frac{A}{B} \times C \times 8806$$

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน $I_2$ ที่ใช้ไตเตรต (ml)

B = ปริมาตรของน้ำมะนาว (ml)

C = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน $I_2$ (N)

5. **การวิเคราะห์ปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาว และในน้ำมะนาวใช้วิธีของ Shaw and Wilson** (Guiwen C , 2005) ใช้เครื่อง HPLC ใช้ระบบ reverse phase

**สภาวะในการวิเคราะห์**

- column Microsorb $C_{18}$ ขนาด 150mm x 4.6 mm อนุภาคที่บรรจุใน column ขนาด 5 μm
- $C_{18}$ Guard column ขนาด 30 mm x 2 mm อนุภาคที่บรรจุใน column ขนาด 5 μm
- Detector UV-visible ใช้ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร
- Flow rate 1.5 มิลลิลิตร/นาที
- Runtime 25 นาที
- Retention time 23.00-24.00 นาที
- Mobile phase ประกอบด้วย น้ำ 67.5% โดยปริมาตร, acetoniteile 17.5% โดยปริมาตร และ tetrahydrofuran 15% โดยปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**สารเคมี**

- Mobile phase เตรียมจากการผสม 675 มิลลิลิตรน้ำกลั่น (HPLC grade) 175 มิลลิลิตรของ Acetonitrile (HPLC grade) และ 150 มิลลิลิตรของ Tetrahydrofuran กรองสารละลายผสมที่ได้ผ่าน 0.45 μm Nylon filter เก็บใส่ขวดสีชาเป็นเวลา 2-3 วันเพื่อให้สารละลายเกิดการสมดุลของการละลาย

- สารละลายมาตรฐานลิโมนิน เตรียมสารลิโมนินมาตรฐาน 500 ppm โดยการละลายสารลิโมนิน (HPLC grade) 50 มิลลิกรัม ใน 2 มิลลิลิตร ของ acetonitrile แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเมทานอล (HPLC grade) จนมีปริมาตร100 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาเจือจางให้ได้สารละลายลิโมนินที่มีความเข้มข้น 250 150 100 และ 50 ppm ด้วยสารละลาย mobile phase

**วิธีการวิเคราะห์**

**1. การวิเคราะห์ปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาว**

-นำน้ำมะนาว 10 ที่จะวิเคราะห์ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาทำการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการปั่นเหวี่ยงที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

-ทำการเตรียม $C_{18}$- seppack cartridge โดยปั๊ม 5 มิลลิลิตรของ acetoniteile ผ่าน$C_{18}$- seppack cartridge แล้วตามด้วยน้ำกลั่นอีก 5 มิลลิลิตร

-ดูดน้ำมะนาวส่วนใส 5 มิลลิลิตรใส่ลงใน $C_{18}$- seppack cartridge ทำการปั๊มให้น้ำมะนาวผ่าน $C_{18}$- seppack cartridge ลงไปอย่างช้าๆ

-ล้าง $C_{18}$- seppack cartridge ด้วยการปั๊มน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรผ่านลงไปช้าๆ

-ชะสารลิโมนินออกจาก $C_{18}$- seppack cartridge ด้วย 2.5 มิลลิลิตร acetoniteile อย่างช้าๆ นำสารที่ได้ไปกรองผ่าน 0.45 μm Nylon filter เก็บใส่ขวดสีชา

-ทำการฉีดสารที่ได้ 10 μl ในสภาวะที่กำหนด นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ไปคำนวณเทียบหาปริมาณสารลิโมนินกับกราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน

**2. การวิเคราะห์ปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาว**

- นำเปลือกมะนาวที่จะทำการวิเคราะห์มา 1 กรัม บดให้ละเอียดด้วยครกบดสาร
- สกัดสารลิโมนินด้วย acetoniteile ปริมาตร 5 มิลลิลิตรเป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ล้างเปลือกมะนาวด้วย acetoniteile 5 มิลลิลิตร
- นำสารละลายที่กรองได้ใส่หลอดทดลองไประเหยในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้ง
- ละลายของแข็งที่ได้ด้วย mobile phase ให้มีปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร กรองผ่าน 0.45 μm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

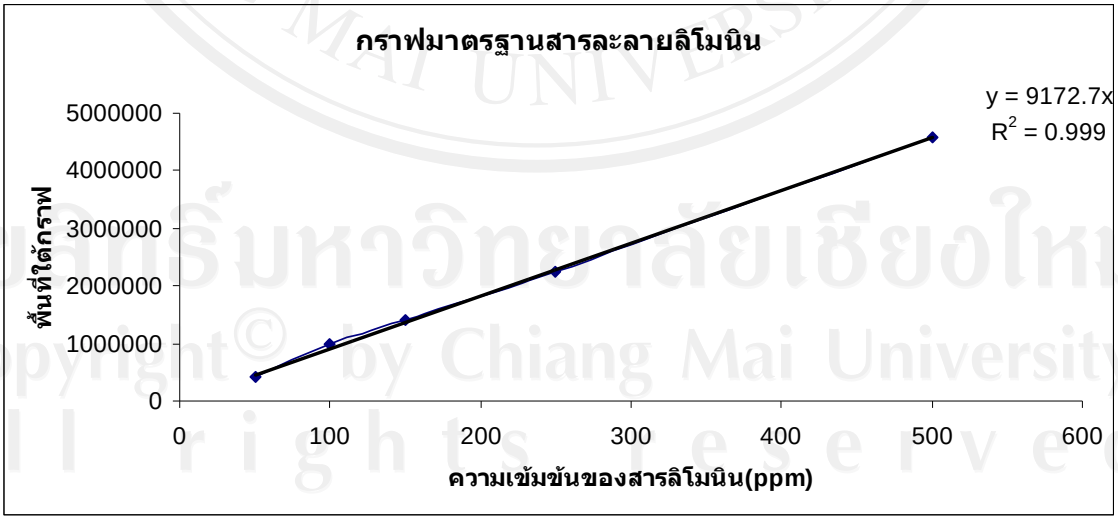
Nylon filter เก็บใส่ขวดสีชา

- ทำการฉีดสารที่ได้ 10 µl ในสภาวะที่กำหนด นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ไปคำนวณเทียบหาปริมาณสารลิโมนินกับกราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน

**ข้อมูลผลการทำกราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน**

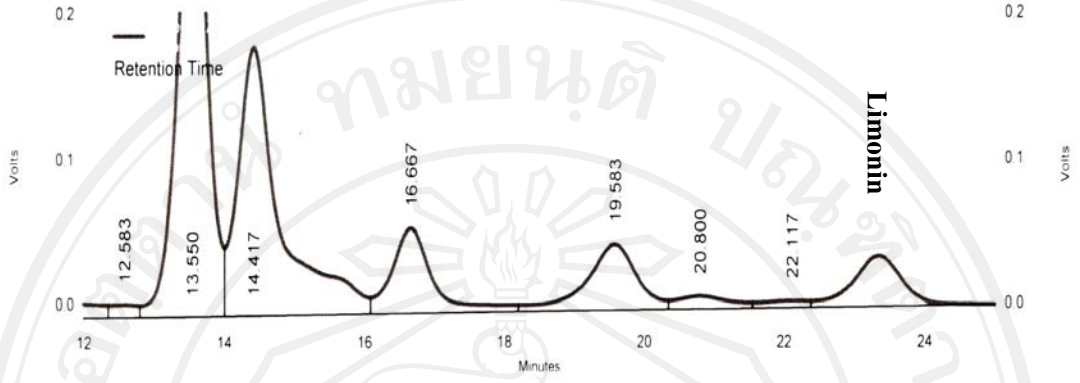
**ตาราง ข-1** การทำกราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน

| ความเข้มข้นสารลิโมนิน (ppm) | พื้นที่ใต้กราฟ |
|---|---|
| 50 | 423640 |
| 100 | 989870 |
| 150 | 1411790 |
| 250 | 2240190 |
| 500 | 4589470 |

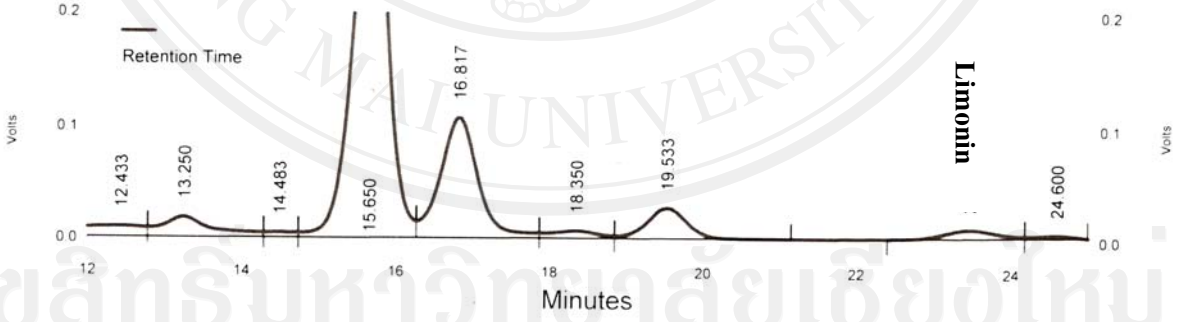



**ภาพ ข-1** กราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**ภาพ ข-2** ตัวอย่างpeak จากการฉีดสารตัวอย่างที่สกัดได้จากเปลือกมะนาว




**ภาพ ข-3** ตัวอย่างpeak จากการฉีดตัวอย่างที่สกัดได้จากน้ำมะนาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ภาคผนวก ค

# ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค-1** ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักผลมะนาว น้ำหนักเปลือก และปริมาณน้ำมะนาวที่คั้นได้

| SOURCE | | weight | peel | juice |
|---|---|---|---|---|
| Weight | Sig. (2-tailed) | . | 0.220* | 0.896* |
| | N | 10 | 10 | 10 |
| Peel | Sig. (2-tailed) | 0.220* | . | 0.491* |
| | N | 10 | 10 | 10 |
| Juice | Sig. (2-tailed) | 0.896* | 0.491* | . |
| | N | 10 | 10 | 10 |

Weight หมายถึง น้ำหนักผลมะนาวสด (กรัม)

Peel หมายถึง น้ำหนักเปลือกมะนาวสดที่ปลอกได้ (กรัม)

Juice หมายถึง น้ำหนักน้ำมะนาวที่คั้นได้ด้วยเครื่องคั้นมะนาว (กรัม)

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค-2** ตารางแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ของน้ำมะนาวสดที่คั้นได้ เปรียบเทียบระหว่างไม่ปอกเปลือกผล กับปอกเปลือกผลก่อนคั้นน้ำ

| สมบัติทางกายภาพ / เคมี | df | MD | Sig. |
|---|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 28 | 0.0220 | 0.464ns |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) | 28 | -.3333 | 0.000* |
| ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก (ร้อยละ) | 28 | 0.7367 | 0.026* |
| วิตามินซี (mg/100 ml) | 28 | 1.7380 | 0.183ns |
| ค่าสี | | | |
| L | 28 | 13.5753 | 0.000* |
| a* | 28 | -1.6733 | 0.100ns |
| b* | 28 | 4.5067 | 0.001* |

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* ข้อมูลมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค-3** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาวเมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 261476.086 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 13403.998 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 11985.699 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค-4** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 10169.148 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 1834.921 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 4713.274 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค-5** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำเมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 139102.681 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 5321.056 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 9106.624 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค-6** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 112.824 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 51.424 | 0.001* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 34.169 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค-7** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 98.683 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 67.450 | 0.001* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 53.171 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 8** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปกรดซิตริกในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 112.88 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 4.091 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 1.480 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค- 9** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปกรดซิตริกในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 101.148 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 2.289 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 1.003 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 10** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าความเป็น กรด-ด่างในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 0.847 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 0.168 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 0.018 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 11** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าความเป็น กรด-ด่างในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 0.277 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 0.188 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 0.036 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค- 12** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 0.939 | 0.040* |
| เวลา | 3 | 0.984 | 0.033* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 0.856 | 0.008* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 13** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 1.560 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 2.093 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 0.637 | 0.000* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 14** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี L ในน้ำมะนาวที่ ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 48.442 | 0.119 |
| เวลา | 3 | 555.675 | 0.000* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 59.811 | 0.012* |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค- 15** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี L ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 33.882 | 0.143 |
| เวลา | 3 | 53.849 | 0.036* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 32.246 | 0.082 |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 16** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี a* ในน้ำมะนาวที่ ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 1.052 | 0.816 |
| เวลา | 3 | 1.108 | 0.805 |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 0.337 | 1.000 |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 17** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี a* ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 83.759 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 6.538 | 0.095 |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 2.654 | 0.552 |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง ค- 18** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี b* ในน้ำมะนาวที่ ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 293.843 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 55.624 | 0.021* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 20.039 | 0.300 |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตาราง ค- 19** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี b* ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

| SOV | df | MS | Sig. |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 3 | 359.837 | 0.000* |
| เวลา | 3 | 50.445 | 0.015* |
| อุณหภูมิ*เวลา | 9 | 7.738 | 0.839 |

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ประวัติผู้เขียน

| | | |
|---|---|---|
| ชื่อ | | นายธรรมรัตน์ รุ่งสังข์ |
| วัน เดือน ปี เกิด | | 1 พฤษภาคม พ.ศ.2516 |
| ประวัติการศึกษา | 2533 | สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จ.ลพบุรี |
| | 2536 | สำเร็จการศึกษอนุปริญญาเคมีปฏิบัติ สถาบันราชภัฏเทพสตรี จ.ลพบุรี |
| | 2543 | สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved