



## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กองบรรณาธิการ กลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา. 2529. การปลูกมะนาว.

กองบรรณาธิการเฉพาะกิจ ฐานเกษตรกรรม. 2529. ฐานเกษตรกรรมฉบับพิเศษ มะนาว.

เฉพาะกิจ ที่ 12 สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม บางเขน กรุงเทพฯ.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2525. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ปราณี ประกิตเดชะกุล. 2525. การศึกษากระบวนการทำน้ำมะนาวให้แห้ง.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. 2533. ภาวะการผลิตและการตลาดมะนาวปี 2531/2532.

กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 103 หน้า.

\_\_\_\_\_. 2534. สถิติราคาผักสด ผลไม้สดและไม้ยืนต้น ประจำปี 2535

กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. หน้า 10.

สมชาย ประภาวัต. 2534. สูตรการทำน้ำผลไม้. อาหาร 21:138.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2531. มะนาว. โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.

สุรพล อุบัติสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการตลาด. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2.

แอ๊สเสท การพิมพ์. กรุงเทพฯ หน้า 1-63.

อรัญญา โรสชาติพันธุ์. 2534. การผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นโดยวิธีทำเข้มข้นแบบเยือกแข็ง.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารมณ อุดมสิน. 2535. การผลิตและการตลาดมะนาวปี 2531/32. ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร.

38:8-13.



ภาษาอังกฤษ

- Ammu, K., Radhakrishna, K. , Subramanian, V. , Sharma, T.R. and Nath, H. 1977. Storage behavior of freeze-dried fruit juice powders. J. Food Tech. 12:541-544.
- Askar, A., El-Samahy, S.K. and Abd El-Baki, M.M. 1981. Production of lime juice concentrates using the serum pulp method. Alimenta. 20:121-128.
- Bangs, W.E. and Reineccius, G.A. 1981. Influence of dryer infeed matrices on the retention of volatile flavor compounds during spray drying. J. of Food Sci. 47:254-259.
- Cal-Vidal, J. and Falcone, M. 1985. Process conditions affecting the hygroscopic behavior of freeze-dried passion fruit. J. of Food Sci. 50:1238-1241,1253.
- Etzel, M.R. and King, C.J. 1980. Retention of volatile components during freeze drying of substances containing emulsified oils. J. Food Tech. 15:577-588.
- Flink, J. and Gejl-Hansen, F. 1972. Retention of organic volatiles in freeze-dried carbohydrate solutions: Microscopic observations. J. Agr. Food Chem. 20:691.694.
- \_\_\_\_\_ . and Karel, M. 1970. Effects of process variables on retention of volatiles in freeze drying. J. of Food Sci. 35:444-447.
- Foda, Y.H., Hamed, M.G.E. and Abd-Allab, M.A. 1970. Preservation of orange and guava juice by freeze drying. Food Tech. 24:1392-1398.



- Friedrich, H. and Gubler, B.A. 1979. Interaction between flavoring substances and food components II Instability of citral in lemon juice. Lebensmittele-Wissenschaft und Technologie. 11(1978):316-318. Food Science and Technology Abstracts 11: Abstract No. 11H1968.
- \_\_\_\_\_ . and Gubler, B.A. 1980. Interaction between flavoring substances and food components III Influence of dissolution medium on flavor instability of citral. Lebensmittele-Wissenschaft und Technologie. 12(1979):281-283. Food Science and Technology Abstracts. 12: Abstract No. 6T300.
- Furata, T. Tsujimoto, S. , Okazaki, M. and Toli, R. 1984. Effect of drying on retention of ethanol in maltodextrin solution during drying of a single droplet. Drying Technology. 2(1984):311.327. Food Science and Technology Abstracts 10: Abstract No. 10T562.
- Furia, T.E. 1972. CRC Handbook of Food Additive. 2 nd ed. Vol 1. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- Gerschensen, L.N., Bartholomai, G.B. and Chirife, J. 1979. Retention of volatiles during freeze drying of tomato juice. J. Food Tech. 14:351-360.
- Grinberg, N.Kh., Popovskii, V.G. and Zhdanova, T.A. 1975. Determination of porosity of freeze-dried products. Kornservnaya i Ovoshchesushil' naya Promyshlennost'. 1973:34-35. Food Science and Technology Abstracts. 7:Abstract No.5J733.
- Guenther, E. 1948. The Essential Oils. Vol.1 D.Van Nostrand Company. New York, USA.
- Hall, G.P. 1973. The effect of concentration on lemon juice flavor. Food Tech. in New Zealand. 8:30-33, 35 ; 8:30.



- Hassan, A., Al-kahtani and Bakri, H.H. 1990. Spray drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. J. of Food Sci. 55:1073-1076.
- Hollenbach, A.M., Peleg, M. and Rufner, R. 1982. Effects of four anticaking agents on the bulk characteristics of ground sugar. J. of Food Sci. 47:538-544.
- Jabarit, A. 1970. Freeze drying of orange juice. Industries Alimentaires et Agricoles. 86(1970):1259-65. Food Science and Technology Abstracts. 2:Abstract No.9H1095.
- Juan, I.M., Huang, C.M. and Chang, W.H. 1987. Studies on the water adsorption and anticaking of instant tea. J. of the Chinese Agricultural Chemical Society. 24(1986):110-120. Food Science and Technology Abstracts. 19:Abstract No.1H117.
- Karel, M. and Flink, J.M. 1973. Influence of frozen state reactions on freeze-dried foods. J. Agr. Food Chem. 21:16-21.
- Kefford, K.F. 1959. The chemical constituents of citrus fruits. Advances in Food Research. (Chichester, C.O., Mraz, E.M. and Stewart, G.F., eds.) Vol.9. 285-373.
- King, C.J. 1973. In: Food Dehydration. Vol.1 Chapter 6. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- Klim, M. and Nagy, S. 1988. An improved method to determine non-enzymatic browning in citrus juices. J. Agr. Food Chem. 36:1271.
- Kopelman, I.J., Meydav, S. and Weinberg, S. 1977. Storage studies of freeze-dried lemon crystals J. Food Tech. 12:403-410.
- \_\_\_\_\_, Meydav, S. and Wilmersdorf, P. 1977. Freeze drying encapsulation of water soluble citrus aroma. J. Food Tech. 12:65-72.
- Massaldi, H.A. and King, C.J. 1974. Retention of d-limonene during freeze drying of orange juice. J. of Food Sci. 39:445-448.



- Merory, J. 1968. Food Flavorings. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- Mohsenin, N.N. 1980. Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials. Gordon and Breach Science Publishers. London. p.303.
- Moshonas, M.G. and Shaw, P.E. 1972. Analysis of flavor constituents from lemon and lime essence. J. Agr. Food Chem. 20:1029-1030.
- Mylne, A.M. and Seamans, V.S. 1954. Stabilized orange juice powder II: Changes during storage. Food Tech. 8:45-50.
- Notter, G.K., Taylor, D.H. and Brekke, J.E. 1958. Pineapple juice powder. Food Tech. 12:363-366.
- \_\_\_\_\_. , Taylor, D.H. and Walker, L.H. 1955. Stabilized lemonade powder. Food Tech. 9:503-505.
- Peleg, M. and Bagley, E.B. 1983. Physical Properties of Foods. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- \_\_\_\_\_. and Edward, B.B. 1983. Physical Properties of Foods. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- \_\_\_\_\_. and Hollenbach, A.M. 1984. Flow conditioners and anticaking agents Food Tech. 38:93-102.
- Ponting, J.D., Stanley, W.L. and Copley, M.J. 1973. In: Food Dehydration. Vol.2 Chapter12. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- Rangana, S. 1977. Manual of Analysis of Fruits and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Publishing. New Delhi.
- Rockland, L.B. 1960. Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5° and 40°C. Anal. Chem. 32(10):1375-1376.
- \_\_\_\_\_. and Beuchat, L.R. 1987. Water Activity. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.



- Rulkens, W.H. and Thijseen, H.A.C. 1972. Retention of volatile compounds in freeze drying slabs maltodextrin. J. Food Tech. 7(1):79-93.
- Sacharow, S. and Griffin, R.C., Jr. 1980. Principles of Food Packaging. 2 ed. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- Schieberle, P., Ehrmeier, H. and Grosch, W. 1991. Aroma components resulting from the acid catalysed breakdown of citral. Zeitschrift fuv Lebensmittel-Untersuchung und Forschung. 187(1988):35-39.  
Food Science and Technology Abstracts. 23:Abstract No.2A2.
- Strashun, S.I. and Talburt, W.F. 1954. Stabilized orange juice powder I : Preparation and packaging. Food Tech. 8:40-44.
- Swisher, H.E. and Higby, W.K. 1961. Lemon and lime juices. Fruit and Vegetable Processing. (Tressler, D.K. and Joslyn, M.A., eds.) 903-932. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- Tatum, J.H., Shaw, P.E. and Bergy, R.E. 1967. Some compounds formed during nonenzymatic browning of orange powder. J. Agr. Food Chem. 15: 773-779.
- Tsourouflis, S., Flink, J.M. and Karel, M. 1976. Loss of structure in freeze dried carbohydrate solutions : Effect of temperature, moisture content and composition. J. Sci. Fd. Agric. 27:509-519.
- Van-Arsdel, W.B., Copley, M.J. and Morgan, A.I., Jr. 1973. Food Dehydration. Vol.2 2 ed. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.
- VirTis, 1977. Guide to Freeze Drying : Systems and Accessories. New York. The VirTis Company (catalogue).
- Whistler, R.L. , Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. 1984. Starches: Chemistry and Technology. 2 nd ed. Academic Press. New York, USA.



Woodroof, J.G. and Luh, B.S. 1975. Commercial Fruit Processing. The AVI  
Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ก.

## วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและการคำนวณ

## 1. การหาปริมาณกรด (Titratable acidity) (Rangana, 1977)

## 1.1 สารเคมี

- สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein indicator) เตรียมโดยการละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1g. ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95% 100 ml. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 N ที่ละหยดจนหยดแรกเป็นสีชมพู แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 200 ml.

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 N เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 4 g. ละลายในน้ำกลั่นโดยให้สารละลายมีปริมาตรสุดท้าย 100 ml. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำได้โดยการไทเทรตกับโพตัสเซียมไฮดรเจนฟทาเลต (potassium hydrogen phthalate; KHP ซึ่งมีมวลโมเลกุล 204.229) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนและละลายในน้ำกลั่น 30 ml. โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถคำนวณจากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของ NaOH (N)} = \frac{\text{น้ำหนักของ KHP (g.)} \times 1000}{\text{ปริมาตรของ NaOH} \times 204.229}$$

## 1.2 วิธีการ

- สำหรับน้ำมะนาว บีบน้ำมะนาว 1 ml. และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของน้ำมะนาว นำมาเจือจางในน้ำกลั่น 30 ml. หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด แล้วไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน



- สำหรับผงน้ำมะนาวพรีซอร์เวด ชั่งผงน้ำมะนาวพรีซอร์เวดน้ำหนักประมาณ 0.25 g. (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ละลายในน้ำกลั่น 30 ml. หยดสารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ 2-3 หยด แล้วไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามวิธีการเดียวกันกับน้ำมะนาว

- คำนวณปริมาณกรด (titratable acidity) ในรูปของกรดซิตริกจากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดซิตริก(\%w/w)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH(N)} \times \text{ปริมาตร NaOH(ml.)} \times 0.07 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (g.)}}$$

## 2. การหาปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid content) (Rangana, 1977)

### 2.1 สารเคมี

- สารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.4% โดยการละลายกรดออกซาลิกในน้ำกลั่น
- สารละลายมาตรฐานวิตามินซี 0.1% โดยการละลายกรดแอสคอร์บิกในสารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.4%
- สารละลาย 2,6-dichlorophenol indophenol โดยการละลาย 2,6-dichlorophenol indophenol 12 mg. ในน้ำกลั่น 1 l.

### 2.2 วิธีการ

1. เตรียมกราฟมาตรฐานของวิตามินซี โดยการเจือจางสารละลายมาตรฐานวิตามินซี 0.1% ด้วยสารละลายกรดออกซาลิก 0.4% ให้ได้สารละลายมาตรฐานที่มีวิตามินซีอยู่ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 mg./100 ml.

2. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 nm. โดยการเตรียมสารละลายสำหรับใส่หลอดทดลองดังนี้

DW - น้ำกลั่น 10 ml.

S - คือสารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่ความเข้มข้นต่างๆ 1 ml. และทำให้มีปริมาตร 10 ml. ด้วยน้ำกลั่น

No.1 - กรดออกซาลิก 0.4% 1 ml.

No.2 - สารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่ความเข้มข้นต่างๆ 1 ml.



3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 nm. โดยใช้ DW เป็น blank จากนั้นนำหลอด No.1 มาเติมสารละลาย standard dye (2,6 dichlorophenol indophenol 12 mg. ต่อ น้ำ 1 l) 9 ml. เขย่าให้เข้ากันและวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติม dye ลงไปแล้ว 15 วินาที ค่าที่อ่านได้เรียก  $L_1$  จากนั้นปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เป็นศูนย์ใหม่ โดยใส่สารละลายในหลอด S เป็น blank นำหลอด No.2 มาเติม standard dye 9 ml. เขย่าให้เข้ากันและวัดค่าการดูดกลืนแสงภายหลัง 15 วินาที ค่าที่อ่านได้เรียก  $L_2$  จากค่า  $L_1$  และ  $L_2$  ที่ได้ เขียนกราฟระหว่างค่า  $|L_1 - L_2|$  และปริมาณวิตามินซี (mg./100 ml.)

4. สำหรับตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้คือ

4.1 น้ำมะนาว ปิเปิดน้ำมะนาวมา 10 ml. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml. เจือจางด้วยสารละลายกรดออกซาลิก 0.4% จนมีปริมาตร 100 ml. กรองผ่านกระดาษกรอง whatman No.1 แล้วนำส่วนที่นำไปวิเคราะห์

4.2 ผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ ซึ่งผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ประมาณ 2g. (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ละลายในสารละลายกรดออกซาลิก 0.4% จนมีปริมาตร 50 ml. กรองผ่านกระดาษกรอง whatman No.1 แล้วนำส่วนที่นำไปวิเคราะห์

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างโดยวัดค่า  $L_1$  เช่นเดียวกับที่ทำในสารละลายมาตรฐานวิตามินซี สำหรับค่า  $L_2$  ทำโดยใส่สารละลายในหลอด S ซึ่งประกอบด้วยสารละลายตัวอย่าง 1 ml. และน้ำกลั่น 9 ml. เป็น blank จากนั้นเติมสารละลาย dye 9 ml. ลงในหลอด No.2 ซึ่งมีสารละลายตัวอย่างอยู่ 1 ml. เขย่าให้เข้ากัน และวัดค่าการดูดกลืนแสงภายหลัง 15 วินาที ค่าที่ได้คือ  $L_2$  จาก  $L_1$  และ  $L_2$  ที่วัดได้ นำไปเทียบหาปริมาณวิตามินซีโดย

$$\text{ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาว (mg./100 ml.)} = A \times 10$$

$$\text{ปริมาณวิตามินซีในผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ (mg./100 g.)} = (A \times 50) / w$$

เมื่อ A คือ ปริมาณวิตามินซีที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

w คือ น้ำหนักผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ (g)



### 3. การหาปริมาณ d-limonene และ citral (Hall, 1973) และการคำนวณ %retention

#### 3.1 สารเคมี

- pentane (purity 99%)
- d-limonene (purity 97%)
- citral (purity 97%)

#### 3.2 เครื่องมือและสภาวะในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น GC-9A ของ Shimadzu ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องและสภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้

##### 3.2.1 packed column

- supporting solid: Chromosorb G(AW, DMCS, 60/10, WT35%)
- stationary phase: Carbowax 20M
- column ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm.(ID) ความยาว 7 m.

##### 3.2.2 FID detector

3.2.3 recorder รุ่น C-R3A Chromatopac ของ Shimadzu

##### 3.2.4 สภาวะในการวิเคราะห์

- injection temperature 230°C
- multistage temperature programming

	temperature rising rate (°C/min.)	temperature (°C)	time (min.)
initial	-	40	4
first stage	15	178	4
second stage	8	220	4

- mobile gas phase: N<sub>2</sub> 30 ml./min.



### 3.3 วิธีการ

#### 3.3.1 สร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของ d-limonene

- เตรียมสารละลายมาตรฐานของ d-limonene โดยการละลาย d-limonene ใน pentane ให้มีความเข้มข้นของ d-limonene 4000, 2000, 1000, 500 และ 250 ppm.

- นำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatograph โดยใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังรายละเอียดตามข้อ 3.2 ปริมาตรที่ฉีด 1  $\mu$ l.

- เขียนกราฟระหว่างความเข้มข้น(ppm.)ของ d-limonene(แกน X) และพื้นที่ใต้กราฟของ d-limonene ที่อ่านจากเครื่อง gas chromatograph (แกน Y) พร้อมทั้งบันทึก retention time ของ d-limonene

#### 3.3.2 สร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของ citral

- เตรียมสารละลายมาตรฐานของ citral โดยการละลาย citral ใน pentane ให้มีความเข้มข้นของ citral 8000, 4000, 2000, 1000, และ 500 ppm.

- นำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatograph โดยใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังรายละเอียดตามข้อ 3.2 ปริมาตรที่ฉีด 1  $\mu$ l.

- เขียนกราฟระหว่างความเข้มข้น(ppm.)ของ citral(แกน X) และพื้นที่ใต้กราฟของ citral ที่อ่านจากเครื่อง gas chromatograph (แกน Y) พร้อมทั้งบันทึก retention time ของ citral

3.3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ d-limonene และ citral ในน้ำมันและผงน้ำมันพริกสด

##### 3.3.3.1 น้ำมัน

- บีบอัดน้ำมันมา 100 ml. (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน,  $w_1$ ) ใส่ในกรวยแยก (separating funnel) ขนาด 250 ml. บีบอัด pentane 50 ml. ใส่ลงไป เขย่าบน shaker นาน 30 นาที โดย release gas ทุกๆ 5 นาที แยกชั้น pentane ออกมา นำไประเหย pentane ออก ภายใต้ความดันสุญญากาศด้วยเครื่อง rotary evaporator ตั้งอุณหภูมิของ water bath เท่ากับ 30°C จนมีปริมาตรสุดท้าย 5 ml. ( $V_1$ ) นำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatograph ใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังรายละเอียดตามข้อ 3.2



ปริมาตรที่ฉีด 1  $\mu$ l. นำพื้นที่ใต้กราฟของ d-limonene และ citral ที่อ่านจากเครื่อง gas chromatograph ไปคำนวณความเข้มข้นของ d-limonene และ citral ตามลำดับ ปริมาณ d-limonene และ citral (ppm.) ในน้ำมันมะนาวสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณ d-limonene (C}_1\text{) (ppm.;v/w) = (V}_1\text{x}A_1\text{)}/w_1$$

$$\text{ปริมาณ citral (C}_2\text{) (ppm.;v/w) = (V}_1\text{x}A_2\text{)}/w_1$$

เมื่อ  $V_1$  คือ ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่าง = 5 ml.

$A_1$  และ  $A_2$  คือ ความเข้มข้นของ d-limonene และ citral ที่ได้จากกราฟมาตรฐานของ d-limonene และ citral ตามลำดับ

$w_1$  คือ น้ำหนักน้ำมันมะนาว (g.)

### 3.3.3.2 ผงน้ำมันมะนาวพรีชตรายด์

- ชั่งผงน้ำมันมะนาวพรีชตรายด์มาประมาณ 20g. (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน,  $w_2$ ) ละลายในน้ำกลั่นจนมีปริมาตรสุดท้าย 100 ml. ใส่ในกรวยแยก (separating funnel) ขนาด 250 ml. แล้วดำเนินการตามขั้นตอนเดียวกันกับข้อ 3.3.3.1 แตกต่างกันเฉพาะปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างหลังจากการระเหย pentane ออกบางส่วน ( $V_2$ ) ปล่อยให้ปริมาตร 3 ml. แทน ปริมาณ d-limonene และ citral (ppm.) ในผงน้ำมันมะนาวพรีชตรายด์สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณ d-limonene (C}_3\text{) (ppm.;v/w) = (V}_2\text{x}A_3\text{)}/w_2$$

$$\text{ปริมาณ citral (C}_4\text{) (ppm.;v/w) = (V}_2\text{x}A_4\text{)}/w_2$$

เมื่อ  $V_2$  คือ ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่าง = 3 ml.

$A_3$  และ  $A_4$  คือ ความเข้มข้นของ d-limonene และ citral ที่ได้จากกราฟมาตรฐานของ d-limonene และ citral ตามลำดับ

$w_2$  คือ น้ำหนักผงน้ำมันมะนาวพรีชตรายด์ (g.)



### 3.4 การคำนวณ % d-limonene และ % citral retention

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณและความหมายของสัญลักษณ์มีดังนี้

สัญลักษณ์	ความหมาย
Y	น้ำหนักน้ำมันมะนาว (ไม่รวมน้ำหนักมอลต์เดกซ์ทริน) ก่อนการทำแห้ง (g.)
Z	น้ำหนักผงน้ำมันมะนาวพรีชดรายด์ (g.) หลังการทำแห้ง
C <sub>1</sub> , C <sub>3</sub>	ปริมาณ d-limonene (ppm.) ในน้ำมันมะนาวและผงน้ำมันมะนาวพรีชดรายด์ตามลำดับ
C <sub>2</sub> , C <sub>4</sub>	ปริมาณ citral (ppm.) ในน้ำมันมะนาวและผงน้ำมันมะนาวพรีชดรายด์ตามลำดับ

ค่าของสัญลักษณ์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข.

#### - วิธีคำนวณ % d-limonene retention

ผงน้ำมันมะนาวพรีชดรายด์ Z g. ทำแห้งจากน้ำมันมะนาว (ไม่รวมมอลต์เดกซ์ทริน) Y g.

" " 10<sup>6</sup>g. " " (Yx10<sup>6</sup>)/Z g.

ดังนั้นจะคำนวณปริมาณ d-limonene ในน้ำมันมะนาว (Yx10<sup>6</sup>)/Z g.

จากการคำนวณในข้อ 3.3.3.1 ปริมาณ d-limonene ในน้ำมันมะนาวเท่ากับ C<sub>1</sub> ppm.(v/w)

นั่นคือ น้ำมันมะนาว 10<sup>6</sup> g. มี d-limonene C<sub>1</sub> ml.

" " (Yx10<sup>6</sup>)/Z g. " " (C<sub>1</sub>xYx10<sup>6</sup>)/(Zx10<sup>6</sup>) ml.

= (C<sub>1</sub>xY)/Z ml.

จากสูตร % d-limonene retention = ปริมาณ d-limonene ที่เหลือหลังการทำแห้ง x100

ปริมาณ d-limonene ก่อนการทำแห้ง



จากการคำนวณในข้อ 3.3.3.2 ปริมาณ d-limonene ในผงน้ำมันมะนาวพีชทรายด์ =  $C_3$  ppm.  
แทนค่าในสูตรจะได้

$$\% \text{ d-limonene retention} = (C_3 \times Z \times 100) / (C_1 \times Y)$$

- วิธีคำนวณ % citral retention

ขั้นตอนการคำนวณเช่นเดียวกันกับการคำนวณ % d-limonene retention  
ดังนั้นจะได้สูตรในการคำนวณ % citral retention ดังนี้

$$\% \text{ citral retention} = (C_4 \times Z \times 100) / (C_2 \times Y)$$

#### 4. การคำนวณ % yield ของการทำแห้ง

$$\% \text{ yield ของการทำแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักผงน้ำมันมะนาวพีชทรายด์ (g.)} \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำมันมะนาว+มอลโตเดกซ์ทริน (g.)}}$$

#### 5. การหาความชื้น (Foda et al., 1970)

1. ชั่งผงน้ำมันมะนาวพีชทรายด์น้ำหนักประมาณ 0.25 g. (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ใน aluminium dish ที่อบและทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

2. อบตัวอย่างในตู้อบความชื้นแบบสุญญากาศ (vacuum oven) ที่อุณหภูมิ 70°C ภายใต้อากาศความดันสุญญากาศไม่เกิน 100 mm Hg. จนน้ำหนักคงที่ (ใช้เวลาในการอบประมาณ 48 ชม.)  
คำนวณปริมาณความชื้น (% moisture content) จากสูตร

$$\% \text{ moisture content (dry basis)} = \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนอบ} - \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังอบ}}$$



6. การศึกษาพฤติกรรมการดูดความชื้น (hygroscopic behavior) ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ (Cal-Vidal and Falcone, 1985)

6.1 อุปกรณ์และสารเคมี

desiccator ที่บรรจุสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายใน desiccator ให้เท่ากับ 75% (Rockland, 1960) และตั้ง desiccator ในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ 25°C

6.2 วิธีการ

1. ชั่งผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์น้ำหนักประมาณ 0.5 g. (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในขวดแก้ว (ID  $\phi$  3 cm.) ที่อบและทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

2. นำไปใส่ใน desiccator ที่เตรียมไว้ และชั่งน้ำหนักในช่วงเวลาต่างๆ จนน้ำหนักคงที่ ขณะที่นำมาชั่งน้ำหนักให้ปิดปากขวดด้วยจุกยางให้แน่นเพื่อป้องกันการดูดหรือคายความชื้น

3. คำนวณ % water absorption ที่เวลาต่างๆ จากสูตร

$$\% \text{ water absorption} = \frac{W_t - W_o}{W_o - ((W_o \times \% \text{moist}) / 100)} \times 100$$

เมื่อ  $W_t$  = น้ำหนักผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ที่เวลาใดๆ

$W_o$  = น้ำหนักผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ที่เวลาเริ่มต้น

% moist = ปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ที่ได้จากข้อ 5



7. การวัด browning index (Kopelman, Meydav and Weinberg, 1977)

- ชั่งผงน้ำมันาวพรีซทรายด์ น้ำหนักประมาณ 5 g. ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุดท้าย 100 ml. ใน volumetric flask
- กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง whatman No.1
- นำส่วนที่ได้อันไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm.
- ค่าที่วัดได้ เป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ โดยค่า browning index ที่มาก แสดงว่าผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลมาก

8. การวัดการละลายของผงน้ำมันาวพรีซทรายด์ (ดัดแปลงจากวิธีการของ Hassan และคณะ (1990))

- ชั่งผงน้ำมันาวพรีซทรายด์ น้ำหนักประมาณ 1 g. เติมน้ำกลั่น 5 ml.
- กวนให้ละลายโดยใช้ magnetic stirrer (IKAMAG ของ บริษัท KIKA-Labortechnik) ใช้ความเร็วในการกวนที่ตำแหน่ง motor RH = 4
- หยุดกวนทุกๆ 10 วินาที เพื่อสังเกตว่าผงน้ำมันาวพรีซทรายด์สามารถละลายได้หมดในช่วงเวลาใด
- บันทึกช่วงเวลาที่ผงน้ำมันาวพรีซทรายด์สามารถละลายได้หมด พร้อมทั้งกำหนดค่าตัวเลขของแต่ละช่วงเวลา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

ช่วงเวลาที่ผงน้ำมันาวพรีซทรายด์ละลายหมด	ค่าการละลาย
ภายใน 10 วินาที	1
10-20 วินาที	2
20-30 วินาที	3
30-40 วินาที	4
.	.
.	.
.	.



## ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการเตรียมน้ำมะนาวและสมบัติของน้ำมะนาวที่เข้าการศึกษาผลของ  
ปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็งต่อคุณภาพของผงน้ำมะนาวพรีชรายด์

## การทดลองซ้ำที่ 1

: ข้อมูลการเตรียมน้ำมะนาว

	วิธีการแช่แข็ง	ปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน (%w/w)				
		15	20	25	30	35
<u>น้ำมะนาว</u>						
น้ำหนัก(น.น.)น้ำมะนาว (y) (กรัม)	slow freezing	235.34	298.67	226.03	211.84	212.18
	fast freezing	285.45	285.28	224.26	215.18	211.15
น.น.น้ำมะนาว +มอลต์เดกซ์ทริน (y') (กรัม)	slow freezing	270.64	358.40	282.54	275.39	286.45
	fast freezing	328.27	342.34	280.32	279.74	285.05
<u>ผงน้ำมะนาวพรีชรายด์</u>						
น.น.ผงน้ำมะนาว พรีชรายด์ที่ได้(Z)(กรัม)	slow freezing	55.36	86.42	76.43	81.71	91.68
	fast freezing	70.73	83.33	75.58	82.91	91.78



: สมบัติของน้ำมะนาว

---

Total soluble solids		
(ก่อนเติมมอลโตเดกซ์ทริน)		7.50( <sup>o</sup> Brix)
(หลังเติมมอลโตเดกซ์ทริน)	- 15 %(w/w)	19.50
	- 20 %	23.50
	- 25 %	25.90
	- 30 %	28.45
	- 35 %	30.70
Titratable acidity (%w/w as citric acid)		7.65
ปริมาณ d-limonene ; C <sub>1</sub> (ppm;v/w)		69.89
ปริมาณ citral ; C <sub>2</sub> (ppm;v/w)		176.86

---

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## การทดลองซ้ำที่ 2

: ข้อมูลการเตรียมน้ำมะนาว

	วิธีการแช่แข็ง	ปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน (%w/w)				
		15	20	25	30	35
<u>น้ำมะนาว</u>						
น้ำหนัก(น.น.)น้ำมะนาว (y) (กรัม)	slow freezing	287.65	272.77	212.94	207.25	204.33
	fast freezing	380.55	246.14	217.98	210.32	203.81
น.น.น้ำมะนาว + มอลต์เดกซ์ทริน (y') (กรัม)	slow freezing	330.80	327.32	266.17	269.43	275.85
	fast freezing	368.63	295.37	272.48	273.41	275.15
<u>ผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์</u>						
น.น.ผงน้ำมะนาว พรีชดรายด์ที่ได้(Z)(กรัม)	slow freezing	68.13	84.54	74.83	83.41	91.24
	fast freezing	84.01	75.88	77.21	84.82	90.67



: สมบัติของน้ำมะนาว

---

Total soluble solids		
(ก่อนเติมมอลต์เดกซ์ทริน)		7.50 (°Brix)
(หลังเติมมอลต์เดกซ์ทริน)	- 15 % (w/w)	19.70
	- 20 %	23.50
	- 25 %	26.00
	- 30 %	28.50
	- 35 %	30.60
Titrateable acidity (%w/w as citric acid)		7.62
ปริมาณ d-limonene ; C <sub>1</sub> (ppm;v/w)		64.74
ปริมาณ citral ; C <sub>2</sub> (ppm;v/w)		174.80

---

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ค.

## การคัดเลือกผู้ทดสอบและแบบทดสอบที่ห้า

การคัดเลือกผู้ทดสอบประกอบด้วย 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกใช้วิธีการทดสอบแบบ Threshold test เพื่อคัดเลือกผู้ทดสอบที่มี recognition level ของแต่ละรสชาติในระดับเดียวกัน รสชาติพื้นฐานที่ทดสอบ คือ รสหวานและรสเปรี้ยว และขั้นที่สองใช้วิธีการทดสอบแบบ Triangle test เพื่อคัดเลือกผู้ทดสอบที่สามารถบอกความแตกต่างด้านกลิ่นรสของน้ำมะนาวได้

## Threshold test

## 1. การเตรียมตัวอย่าง

- รสหวาน โดยเตรียมสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 g/dl.
- รสเปรี้ยวโดยเตรียมสารละลายกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นต่างๆคือ 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, และ 0.1 g/dl.

## 2. การคัดเลือก

2.1 พิจารณา recognition level ส่วนใหญ่ของแต่ละรสชาติ และคัดเลือกผู้ทดสอบที่มี recognition level เดียวกันกับ recognition level ส่วนใหญ่ของแต่ละรสชาติ

2.2 เลือกผู้ทดสอบที่ได้รับการคัดเลือกจากการทดสอบทุกรสชาติ เพื่อทดสอบแบบ Triangle test ต่อไป

## Triangle test

## 1. การเตรียมตัวอย่าง

- ครั้งที่ 1 เตรียมน้ำมะนาวพร้อมดื่มจาก น้ำมะนาวที่คั้นสดๆ และน้ำมะนาวที่คั้นเก็บไว้ในตู้เย็นประมาณ 5°C ก่อนการทดสอบนาน 48 ชั่วโมง
- ครั้งที่ 2 เตรียมน้ำมะนาวพร้อมดื่มจาก น้ำมะนาวที่คั้นสดๆ และน้ำมะนาวที่คั้นเก็บไว้ในตู้เย็นประมาณ 5°C ก่อนการทดสอบนาน 24 ชั่วโมง




- สูตรที่ใช้ในการเตรียมน้ำมะนาวพร้อมดื่ม ดัดแปลงจากสูตรตั้งต้นเล็กน้อย  
(สมชาย ประภาวัต, 2534) ดังนี้

น้ำมะนาว	25	ml.
น้ำตาล	36	g.
น้ำ	200	ml.

## 2. การคัดเลือก

เลือกผู้ทดสอบที่สามารถระบุ odd sample ได้ถูกต้องทั้งสองครั้ง



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### แบบทดสอบ Threshold test

ชื่อ \_\_\_\_\_

วันที่ \_\_\_\_\_

ท่านจะได้รับชุดตัวอย่างของรสชาติใดรสชาติหนึ่ง (เปรี้ยวหรือหวาน) โดยตัวอย่างจะเรียงลำดับความเข้มข้นของรสจากน้อยไปมาก โปรดทดสอบตามคำแนะนำดังนี้

#### คำแนะนำ

- ล้างปากทุกครั้งก่อนทดสอบด้วยน้ำ
- อย่ากลืนน้ำหรือตัวอย่าง
- ทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- กลืนตัวอย่างให้ทั่วทั้งปาก เพื่อให้ตัวอย่างได้สัมผัสกับทุกส่วนของลิ้น
- รายงานผลการทดสอบดังนี้

#### Taste quality

- 0 หมายถึง รสชาติเหมือนน้ำ
- ? หมายถึง รสชาติต่างจากน้ำ แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นรสอะไร
- taste หมายถึง สามารถระบุได้ว่าเป็นรสอะไร (โปรดระบุรสด้วย)

#### Taste intensity

- 1 หมายถึง threshold , very weak
- 2 หมายถึง " weak
- 3 หมายถึง " distinct
- 4 หมายถึง " strong
- 5 หมายถึง " very strong



หมายเลขตัวอย่าง

Taste quality

Taste intensity

-----	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----



ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## แบบทดสอบ Triangle test

ชื่อ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_  
 ขณะทดสอบท่านเป็นหวัดหรือไม่ \_\_\_\_\_ เป็น \_\_\_\_\_ ไม่เป็น \_\_\_\_\_

---

กรุณาทดสอบน้ำมะนาวพร้อมดื่มทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยล้างปากด้วยน้ำทุกครั้งก่อนทดสอบ  
 แต่ละตัวอย่าง แล้วระบุตัวอย่างที่แตกต่าง (odd sample)

odd sample คือตัวอย่างหมายเลข \_\_\_\_\_

ชื่อ เสนอแนะ \_\_\_\_\_

---

ขอบคุณค่ะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ง.

การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัสและแบบทดสอบที่ใช้  
เพื่อศึกษาผลของปริมาณอลตราเคอร์ซีทรินและวิธีแช่แข็ง  
ต่อคุณภาพของผงน้ำมะนาวพรีซครายด์

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบผงน้ำมะนาวพรีซครายด์

- ละลายผงน้ำมะนาวพรีซครายด์ในน้ำให้มี total soluble solids(TSS)เท่ากับ TSS ของน้ำมะนาวที่เติมมอลตราเคอร์ซีทรินก่อนการทำงานแห้งแบบเยือกแข็ง
- เตรียมน้ำมะนาวพร้อมดื่มโดยคัดแปลงจากสูตรตั้งต้น (สมชาย ประภาวัต ,2534) เล็กน้อย ดังนี้

น้ำมะนาว      25 ml.

น้ำตาล          36 g.

น้ำ                200 cc.

- เก็บน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่อุณหภูมิห้องเย็น จนกระทั่งนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## แบบทดสอบ

ชื่อ-นามสกุล \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_ เวลา \_\_\_\_\_

ท่านจะได้รับตัวอย่าง 2 ชุด

: ชุดที่ 1 ประกอบด้วยน้ำมะนาว (R1) ที่ใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิง และตัวอย่างหมายเลข \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ และ \_\_\_\_\_ ลักษณะที่ต้องการให้ประเมินคือ สีและคุณภาพ

: ชุดที่ 2 ประกอบด้วยน้ำมะนาวพร้อมดื่ม (R2) ที่ใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิง และตัวอย่างหมายเลข \_\_\_\_\_ a, \_\_\_\_\_ a, \_\_\_\_\_ a และ \_\_\_\_\_ a ซึ่งเตรียมเป็นน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากตัวอย่างหมายเลข \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ และ \_\_\_\_\_ ตามลำดับ ลักษณะที่ต้องการให้ประเมินคือ กลิ่นรส ความหวาน ความเปรี้ยว ความขมและคุณภาพรวม

ผู้ทดสอบควรล้างปากทุกครั้งก่อนทดสอบน้ำมะนาวพร้อมดื่มแต่ละตัวอย่าง

กรุณาทดสอบตัวอย่างดังกล่าวและให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

ลักษณะที่ต้องการให้ประเมิน	ตัวอย่างหมายเลข			
1. น้ำมะนาว (ตัวอย่างชุดที่ 1)				
1.1 สี				
ปกติเหมือนตัวอย่างอ้างอิง (R1) [9-10]				
สีอ่อนกว่าหรือเข้มกว่า R1 (โปรครระบุ) เล็กน้อย [7-8]				
สีอ่อนกว่าหรือเข้มกว่า R1 (โปรครระบุ) ปานกลาง [4-6]				
สีอ่อนกว่าหรือเข้มกว่า R1 (โปรครระบุ) มาก [1-3]				



ลักษณะที่ต้องการให้ประเมิน	ตัวอย่างหมายเลข			
1.2 คุณภาพ ยังไม่ดีพอ พอใช้ ดี ดีมาก				
2. น้ำมะนาวพร้อมดื่ม (ตัวอย่างชุดที่ 2) 2.1 กลิ่นรส ปกติเหมือนตัวอย่างอ้างอิง (R2) [13-15] กลิ่นรสอ่อนกว่า R2 เล็กน้อย [9-12] กลิ่นรสอ่อนกว่า R2 ปานกลาง [5-8] กลิ่นรสอ่อนกว่า R2 มาก [3-4] กลิ่นรสแปลกปลอม เช่น กลิ่นรสหมักดอง [1-2] 2.2 ความหวาน หวานเท่ากับตัวอย่างอ้างอิง (R2) [9-10] หวานน้อยกว่าหรือมากกว่า R2 (โปรดระบุ) เล็กน้อย [7-8] หวานน้อยกว่าหรือมากกว่า R2 (โปรดระบุ) ปานกลาง [4-6] หวานน้อยกว่าหรือมากกว่า R2 (โปรดระบุ) มาก [1-3]				



ลักษณะที่ต้องการให้ประเมิน	ตัวอย่างหมายเลข			
2.3 ความเปรี้ยว เปรี้ยวเท่ากับตัวอย่างอ้างอิง (R2) [9-10] เปรี้ยวน้อยกว่าหรือมากกว่าR2(โพรตระนู) เล็กน้อย [7-8] เปรี้ยวน้อยกว่าหรือมากกว่าR2(โพรตระนู)ปานกลาง [4-6] เปรี้ยวน้อยกว่าหรือมากกว่า R2(โพรตระนู)มาก [1-3]				
2.4 ความขม ขมมีรสขม [9-10] มีรสขม เล็กน้อย [7-8] มีรสขมปานกลาง [4-6] มีรสขมมาก [1-3]				
2.5 คุณภาพรวม ยังไม่ดีพอ พอใช้ ดี ดีมาก				

ข้อเสนอแนะ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ขอบคุณค่ะ



## ภาคผนวก จ.

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของพวงน้ำมะนาวพีชทรายส์และการคำนวณ  
ทางสถิติของแผนการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุล

การศึกษาผลของวิธีการแช่แข็งในขั้นตอน pre-freezing และปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมใน  
น้ำมะนาวก่อนการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสนั้น ผู้ทดสอบจะเป็นผู้ที่  
ผ่านการคัดเลือกแล้วตามวิธีในภาคผนวก ข. รวม 15 คน ตัวอย่างที่จะทดสอบมีจำนวนทั้ง  
หมด 10 ตัวอย่าง เพื่อให้การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีประสิทธิภาพดี โดย  
เฉพาะการตรวจคุณภาพของกลิ่นรสจึงใช้แผนการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุล (balanced  
incomplete block design) แบบที่ 26 (สุรพล อุบัติสสกุล, 2526) โดยผู้ทดสอบแต่ละคนจะ  
ทดสอบ 4 ตัวอย่าง ดังนี้

ผู้ทดสอบ (บล็อก)	หมายเลขตัวอย่างที่ทดสอบ
1	1 2 3 4
2	1 2 5 6
3	1 3 7 8
4	1 4 9 10
5	1 5 7 9
6	1 6 8 10
7	2 3 6 9
8	2 4 7 10
9	2 5 8 10
10	2 7 8 9
11	3 5 9 10
12	3 6 7 10
13	3 4 5 8



ผู้ทดสอบ (บล็อก)      หมายเลขตัวอย่างที่ทดสอบ

14                              4 5 6 7

15                              4 6 8 9

- หมายเหตุ
- การให้เบอร์แก่สิ่งทดลองเป็นไปอย่างสุ่ม
  - การให้เบอร์แก่บล็อกหรือผู้ทดสอบเป็นไปอย่างสุ่ม

โดยที่ จำนวนสิ่งทดลอง (t) = 10                      จำนวนซ้ำ (r) = 6

หน่วยการทดลองต่อบล็อก (k) = 4      จำนวนบล็อก = 15

จำนวนครั้งที่สิ่งทดลองแต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบล็อก (γ) = 2

การประเมินผลทางสถิติของการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์

รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงได้ดังนี้

source of variation	d.f.	MS
treatments(unadj)	t-1	
blocks(adj)	b-1	$E_b$
intrablock(error)	rt-t-b+1	$E_e$

โดยที่ r = จำนวนซ้ำ

t = จำนวนสิ่งทดลอง

b = จำนวนบล็อก

$E_b$  = interblock mean square

$E_e$  = intrablock mean square

ขั้นตอนการคำนวณ

1. หาค่า  $T_i, G.T., T_i, B_t, Q_i$  และ  $w_i$  โดยที่

$T_i$  = ผลรวมสิ่งทดลองแต่ละสิ่ง

G.T. = ผลรวมทั้งหมดในการทดลอง = ผลรวมของ  $T_i$



$$T_i = T_i/r$$

$B_t$  = ผลรวมของทุกบล็อกที่สิ่งทดลองนั้นปรากฏ

$$Q_i = kT_i - B_t$$

$$W_i = (t-k)T_i - (t-1)B_t + (k-1)G.T.$$

## 2. การหาค่า sum of squares

$$C.F. = \frac{(\text{ผลรวมทั้งหมดในการทดลอง})^2}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด} = \text{จำนวนซ้ำ} \times \text{จำนวนสิ่งทดลอง}}$$

$$\text{total SS} = \text{ผลบวกของ (ข้อมูลแต่ละตัว)}^2 - C.F.$$

$$\text{treatment SS (unadj)} = \frac{\text{ผลบวกของ (ผลรวมของแต่ละสิ่งทดลอง)}^2}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม} = \text{จำนวนซ้ำ}} - C.F.$$

$$\text{treatment SS (adj)} = (\sum Q_i^2) / kt$$

$$\text{blocks SS (unadj)} = \frac{\text{ผลบวกของ (ผลรวมแต่ละบล็อก)}^2}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม} = \text{จำนวนสิ่งทดลองต่อบล็อก}} - C.F.$$

$$\text{blocks SS (adj)} = \text{block SS (unadj)} + \text{tr. SS (adj)} - \text{tr. SS (unadj)}$$

$$\text{intrablock SS} = \text{total SS} - \text{tr. SS (unadj)} - \text{blocks SS (adj)}$$

## 3. การหาค่า mean square error

$$\text{treatment mean square} = \text{tr. SS} / t - 1$$

$$\text{interblock mean square } (E_b) = \frac{\text{block SS (adj)}}{b - 1}$$

$$\text{intrablock mean square } (E_e) = \frac{\text{intrablock SS}}{rt - t - b + 1}$$

4. ในกรณีที่  $E_b \leq E_e$  ไม่ต้องคำนวณตัวปรับค่า  $\mu$  แต่ในกรณีที่  $E_b > E_e$  จะต้องคำนวณตัวปรับค่า ( $\mu$ )

$$\mu = \frac{(b-1) \times (E_b - E_e)}{t(k-1)(b-1)E_b + (t-k)(b-t)E_e}$$



5. คำนวณผลรวมของแต่ละสิ่งทดลองที่ได้รับอิทธิพลของบล็อกแล้ว ( $T_i'$ )

$$T_i' = T_i + \mu W_i$$

6. หาค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองที่ได้รับค่าแล้ว

$$T_i' = T_i / r$$

7. นำค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองหรือค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองที่ได้รับค่าแล้ว (แล้วแต่กรณี) ไปใช้ในการคำนวณใน factorial completely randomized design ต่อไป



ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก จ.

## แบบทดสอบเพื่อศึกษาผลของ TCP และ IPD

ชื่อ-นามสกุล \_\_\_\_\_

วันที่ \_\_\_\_\_

ผงน้ำมะนาวพริชตรายต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทาน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง ท่านสามารถใช้ผงน้ำมะนาวพริชตรายต์นี้เป็นเครื่องปรุงในการประกอบอาหาร หรือใช้ผสมเป็นเครื่องดื่ม เพื่อทดแทนน้ำมะนาวสดในฤดูกาลที่มะนาวขาดแคลนหรือมีราคาสูงมาก ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมการเก็บผงน้ำมะนาวพริชตรายต์ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้เป็นระยะเวลาานโดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพดี จึงขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบทดสอบ ข้อมูลที่ได้จากท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยนี้

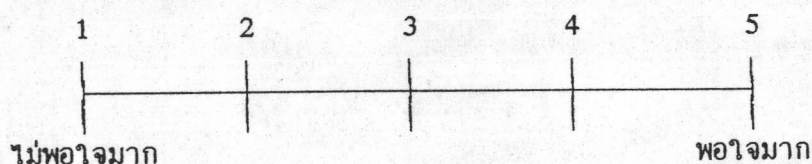
ข้อแนะนำ

โปรดพิจารณาสีและลักษณะของผงน้ำมะนาวพริชตรายต์ กลิ่นรส(flavor) ของน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวพริชตรายต์ และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ การให้คะแนนลักษณะต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

- สี, ลักษณะผลิตภัณฑ์และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ (ผงน้ำมะนาวพริชตรายต์)

โปรดทำเครื่องหมายเส้นตรงตามขวางตั้งฉากกับเส้นสเกลแนวนอนที่ให้ไว้ เพื่อแสดงตำแหน่งที่ท่านได้ให้กับตัวอย่างแต่ละตัวอย่างในลักษณะนั้นๆ กรุณาเขียนรหัสของตัวอย่างบนเครื่องหมายเส้นตรงที่ท่านเขียนด้วย

## 1. สี

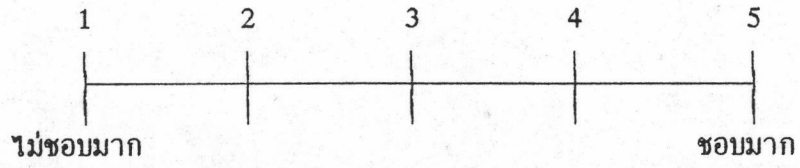








4. ความชอบใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์



ข้อเสนอแนะ \_\_\_\_\_

ขอบคุณค่ะ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุนทรี วราอุบล เกิดวันที่ 6 เมษายน 2513 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการ  
ศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2534



ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย