

เอกสารอ้างอิง

1. ประทีป พุตระภูล. "การหาปริมาณเฮนโนไซด์ในใบและฝักมะขามแขกในประเทศไทย"
วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2521.
2. เสจี่ยม พงษ์ชูรอด. "มะขามแขก", ไม้เทศเมืองไทยสรรพคุณยาเทศและยาไทย, 400-401,
2508.
3. ณรงค์ เหล่าโชติ. "การปลูกมะขามแขกในนิคมสร้างตนเอง พระบาท สระบุรี" ความรู้วิชาการ
เล่ม 2. 50-52, 2521.
4. ศูนย์สาริตและการฝึกอบรมไทย-เยอรมัน "มะขามแขก" ฝ่ายพัฒนานิคม กรมประชาสัมพันธ์,
2516.
5. Trease and Evans. Drugs of Biological Origin in Pharmacognosy,
11th.ed., pp. 373-382, Cassell & Collin Macmillan Publisher
Ltd., London, 1978.
6. วิชาศาสตร์การแพทย์, กรม, กองวิจัยทางแพทย์, งานวิจัยทางพฤกษเคมี. "ใบมะขามแขก
(Senna leaf)" เอกสารรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการวิเคราะห์และวิจัยสมุนไพร
1, 3-12: 2525.
7. ToDD, R.G., Extra Pharmacopeia: Martidale. pp. 1266-1268, The
Phamaceutical Press, London, 1967.
8. Fairbairn, J.W., The Pharmacology of Plant Phenolics pp. 39-49,
Academic Press, New York, 1959.
9. Swinyard, E.A., Gastrointestinal Drugs in Remington's Pharmaceutical
Sciences, (OSol, A.ed.), 16th ed., p. 743, Mack Publishing
Company, Easton, Pennsylvania, 1980.

10. British Pharmaceutical Codex pp. 438-439, 845-846, The Pharmaceutical Press, London, 1973.
11. Cooper, J.W. and Gunn, C., Tutorial Pharmacy, 4th ed., pp. 251, 287 296, Sir Isaac Pitman & Sons, London, 1950.
12. Merk Index of Chemicals and Drugs (stecher, P.G.ed.), 7th ed., p. 931, Merck & Co., Inc., Rahway, N.J., 1960.
13. The National Formulary Board, National Formulary, 14th ed., p. 1052, American Pharmaceutical Association, Washington D.C., 1975.
14. Betts, T.J., Fairbairn, J.W. and Mital, V.K., J. Pharmaceutical Pharmacol. 10, 436, 1958. Cited in Hayashi, S., Yoshida, A., Tanaka, H., Mitani, Y. and Yoshizawa, K., Chem. Pharm. Bull. Vol 28 No.2 pp. 408-412 Tokyo, 1980.
15. Nano, G.M., Pharm. Acta Helv. 35, 451, 1960 Cited in Hayashi, S., Yoshida, A., Tanaka, H., Mitani, Y. and Yoshizawa, K., Chem. Pharm. Bull. Vol 28 No.2 pp. 408-412 Tokyo, 1980.
16. Zwaving, J.H., J. Chromatogr. 97, 109, 1974. Cited in Hayashi, S., Yoshida, A., Tanaka, H., Mitani, Y. and Yoshizawa, K., Chem. Pharm. Bull. Vol 28 No.2 pp. 408-412 Tokyo, 1980.
17. Khafagy, S.M., Girgis, A.W.g Khayyal, S.E. and Helmi, M.A., "Estimation of sennosides A, B, C and D in senna Leaves, Pods and Formulations" Planta Medica 21(3), 304-309, 1972.
18. Habib, A.M. and El-Sebakhy, N.A., Spectrophotometric Estimation of Sennosides and Rhein Glycosides in Senna and Its Preparations" J. of Natural Products 43(4), 452-458, 1980.

19. Hayashi, S., Yoshida, A., Tanaka, H., Mitani, Y. and Yoshizawa, K., "Analytical Studies on the Active Constituents in Crude Drugs. IV. Determination of Sennosides in Senna and Formulations by high-Performance Liquid Chromatography" *Chem. Pharm. Bull.* Vol. 28 No.2 pp. 408-412 Tokyo, 1980.
20. Müller, K.H., Christ, B. and Kühn, G., "Vergleichende Untersuchungen Zur photometrischen Sennosid Bestimmung in Drogen" *J. Arch. d. Pharm.* 295(1), 41-52, 1962.
21. Coulson, J.M. and Richardson, J.F. Chemical Engineering Vol. 2 pp. 278-314, 602-616, Pergamon Press, Oxford, 1968.
22. Treybal, R.E. Mass-transfer Operations, 3rd ed., pp. 655-763, McGraw-Hill, Inc., Tokyo, 1980.
23. Riebliy, P.W., Walker, G.C. Extraction and Extractives in Remington's *Pharmaceutical Sciences* (Osol, A. ed.) 15th ed., pp. 1509-1522. Mack Publishing Company, Easton, Pennsylvania, 1975.
24. Hamm, W. Extraction, Liquid-Solid. in *Encyclopedia of Chemical Technology*, (Kirk-Othmer ed.) Vol. 9 3rd ed., pp. 721-739. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
25. Leniger, H.A. and Beverloo, W.A. Food Process Engineering, pp. 460-464, 500-520 D. Reidel Publishing Company, Boston, 1975.
26. McCabe, W.L. and Smith, J.C. Unit Operations of Chemical Engineering, 3rd ed., pp. 607-619, McGraw-Hill, Inc., Tokyo, 1976.

27. Gupta, G.K., Rao, P.K. and Vishwapaul., "Production of Sennoside Concentrate from Senna Leaves and Pods" Research for Industry 20(3), 124-128, 1975.
28. Stoll, A., Becker, B. and Kussmaul, W., "The Isolation of Anthraglycosides from senna drugs" Chemical Abstracts 44(5), 2178 i-2179a, 1950.
29. Alfthan, V. and Aaltonen, M., "Extraction of senna drug" Chemical Abstracts 72(24), 125056r: 272, 1970.
30. Hazama, N., Sato, M. and Taniguchi, N., "Sennoside from Cassia Leaves" Chemical abstracts 81(4), 82370e: 302-303, 1974.
31. Nishimura, H. and Narba, K., "Sennosides Calcium Salts from Senna" Chemical Abstracts 87, 11611x, 1977.
32. Gabriel, J.P., Dumont, M. and Guille, R., "Extraction of Sennosides" Chemical Abstracts 92, 1980.
33. McCormick, P.Y., Drying in Encyclopedia of Chemical Technology (Kirk-Othmer ed.). Vol. 8. 3rd ed., pp. 75-113, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
34. Masters, K., Spray Drying Handbook, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1979.
35. Hall, C.W. and Hedrick, T.I., Spray Drying in Drying Milk and Milk Products, pp. 59-93. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1966.
36. Marshall, W.R. and Seltzer, E., "Principles of Spray Drying Part I and Part II" Chemical Engineering Progress 46(10,11), 501-508, 575-584, 1950.

37. Gold Blith, S.A. Rey, L. and Rothmayr, W.W., Freeze Drying and Advanced Food Technology, Academic Press, London, 1975.
38. King, C.J., Freeze Drying of Foods, Butterworth & Co. Ltd, London, 1971.
39. Hall, C.W., Farrall, A.W. and Ripper, A.L. Encyclopedia of Food Engineering, pp. 338-340, The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1971.
40. Karel, M., Fennema, O.R. and Lund, D.B. Physical Principles of Food Preservation in Principles of Food Science, (Fennema, O.R. ed.) pp. 359-393. MerceL Dekker, Inc., New York, 1975.
41. ธารพงษ์ วิฑิตคานต์ "การศึกษาเครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง" วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
42. A.O.A.C. Official Methods in Analysis 13th ed. Wisconsin: George Banta Company. Inc., 1980.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก.

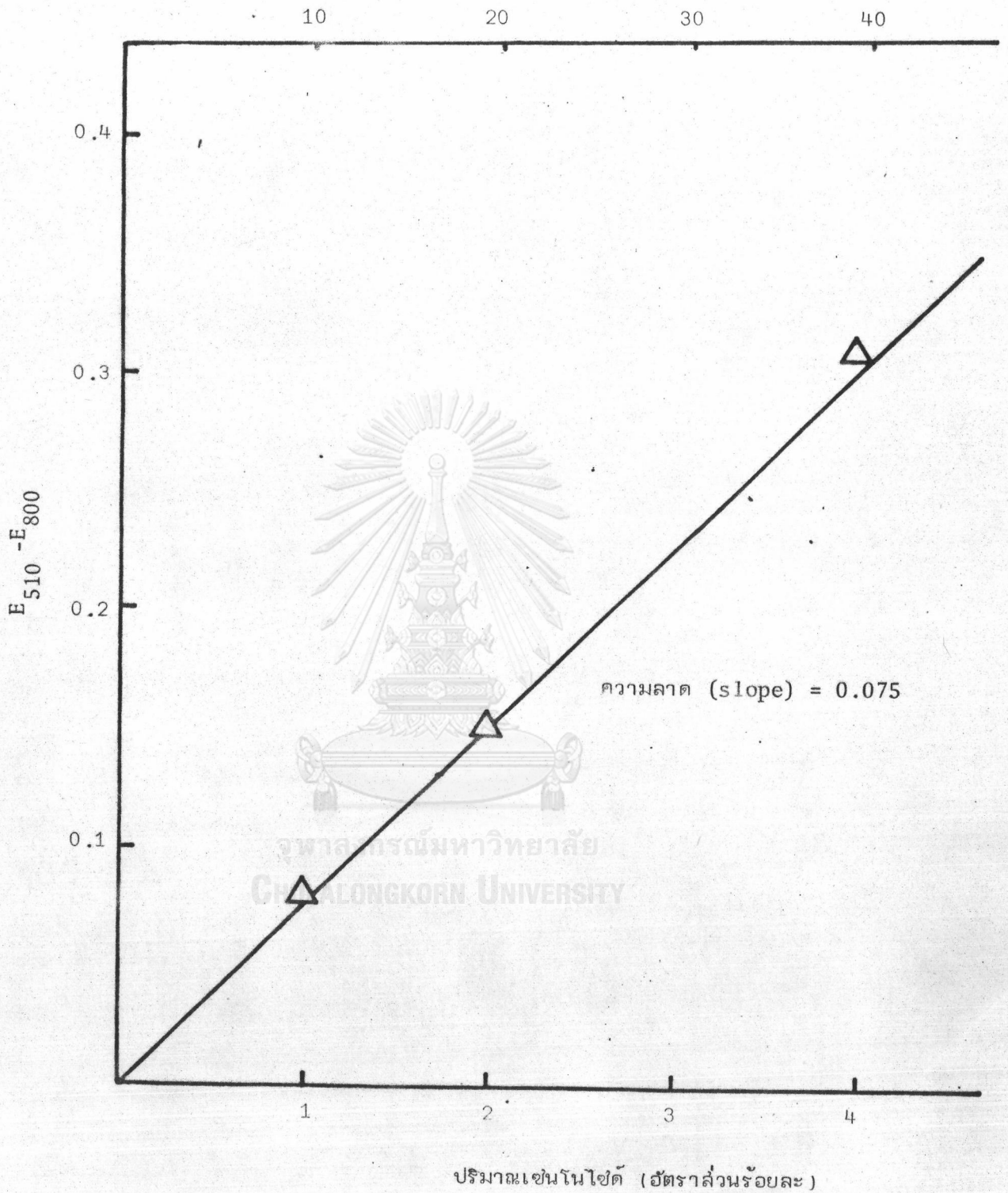
กราฟมาตรฐานของเซโนโซไซด์

สร้างกราฟมาตรฐานของเซโนโซไซด์ จากเซโนโซไซด์ เอ. ของบริษัท Sandoz ประเทศเยอรมันนี โดยการชั่งเซโนโซไซด์ เอ. มา 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม ละลายน้ำให้ได้ปริมาตร ครบ 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask 3 ใบ นำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Muller และคณะ (20) เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ของ Muller และคณะ ใช้วัตถุต้นปริมาตร 1 กรัม ดังนั้นในการสร้างกราฟมาตรฐานของเซโนโซไซด์นี้ จึงใช้สารมาตรฐานให้มีปริมาณอยู่ใกล้เคียงกับปริมาณที่อยู่ในสารที่จะใช้วัดจริง คือ มีปริมาณเซโนโซไซด์อยู่ร้อยละ 1 ถึง 4 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อคิดเทียบเป็นปริมาณเซโนโซไซด์ในวัตถุต้น 1 กรัม แล้วจะมีอยู่ประมาณ 10 ถึง 40 มิลลิกรัม ตามลำดับ นำสารละลายไปวัดค่าความสามารถในการดูดกลืนแสง, E (absorbance) ที่ความยาวคลื่น = 510 และ 800 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometry คำนวณค่า $E_{510} - E_{800}$ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ผลการทดลองแสดงในตาราง ก-1 หาค่าเฉลี่ยของ $E_{510} - E_{800}$ นำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า $E_{510} - E_{800}$ กับปริมาณเซโนโซไซด์ในหน่วยของอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก และ มิลลิกรัม ใน 100 มิลลิลิตร ได้กราฟมาตรฐานของเซโนโซไซด์ในรูป ก-1

ปริมาณเขนโนไซด์ใน มะขามแขก 1 กรัม (อัตราส่วนร้อยละ)	ปริมาณเขนโนไซด์ มล.กรัม/100 มล.	E ₅₁₀	E ₈₀₀	E ₅₁₀ -E ₈₀₀
1	10	0.10	0.025	0.075
1	10	0.115	0.025	0.09
1	10	0.15	0.075	0.075
เฉลี่ย				0.08
2	20	0.2	0.05	0.15
2	20	0.18	0.04	0.14
2	20	0.24	0.08	0.16
เฉลี่ย				0.15
4	40	0.33	0.075	0.255
4	40	0.40	0.035	0.315
4	40	0.458	0.09	0.368
เฉลี่ย				0.313

ตารางที่ ก-1 ปริมาณเขนโนไซด์ในสารละลายกับค่า E₅₁₀-E₈₀₀

ปริมาณเขนโนไซด์ (มิลลิกรัม/10 มิลลิลิตรของสารละลายตั้งต้น)



รูป ก-1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $E_{510} - E_{800}$ กับปริมาณเขนโนไซด์ในสารละลายเริ่มต้น ในหน่วยของอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก และมิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรของสารละลายตั้งต้น

ภาคผนวก ข.

การคำนวณปริมาณเช่นไนไซด์, ผลการสกัด (yield), ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายสกัด, ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แห้ง, ปริมาณเช่นไนไซด์ของผลิตภัณฑ์แห้งที่สูญเสียไปเนื่องจากความร้อนและน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่สูญหายไป

การคำนวณปริมาณเช่นไนไซด์

ก. ตัวอย่างใบมะขามแขกบด

ชั่งใบมะขามแขกบดมา 1 กรัม ทำการสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณเช่นไนไซด์ตามวิธีของ Muller (20) วัดค่า E_{510} และ E_{800} ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 2 ครั้ง

$$\text{ครั้งที่ 1} \quad E_{510} = 0.288, E_{800} = 0.072; E_{510} - E_{800} = 0.216$$

$$\text{ครั้งที่ 2} \quad E_{510} = 0.372, E_{800} = 0.155; E_{510} - E_{800} = 0.217$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย } (E_{510} - E_{800}) \text{ เฉลี่ย} = \frac{0.216 + 0.217}{2} = 0.2165$$

นำค่า $(E_{510} - E_{800})$ เฉลี่ยไปอ่านค่าปริมาณเช่นไนไซด์จากกราฟมาตรฐานรูป ก-1

$$\therefore \text{ใบมะขามแขกมีปริมาณเช่นไนไซด์ ร้อยละ} = 2.88 \quad \text{โดยน้ำหนัก}$$

$$\text{ใบมะขามแขก 1 กรัม มีปริมาณเช่นไนไซด์} = 2.88 \times 10^{-2} \text{ กรัม}$$

ข. ตัวอย่างสารละลายสกัด

ใช้ตัวอย่างสารละลายสกัดของน้ำอิมตัวด้วยอีเทอร์ ทำการสกัดด้วยวิธีการย่อยสลายโดยเปิดสารละลายสกัดนี้มา 10 มล. ละลายในน้ำให้ปริมาตรครบ 100 มล. นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเช่นไนไซด์ด้วยวิธีของ Muller วัดค่า E_{510} และ E_{800} ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 2 ครั้ง

$$\text{ครั้งที่ 1} \quad E_{510} = 0.10, E_{800} = 0.075; E_{510} - E_{800} = 0.025$$

$$\text{ครั้งที่ 2} \quad E_{510} = 0.095, E_{800} = 0.072; E_{510} - E_{800} = 0.023$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย } (E_{510} - E_{800}) \text{ เฉลี่ย} = \frac{0.025 + 0.023}{2} = 0.024$$

นำค่า ($E_{510}-E_{800}$) เผลี่ยไปอ่านค่าปริมาณเซนโนไซด์จากกราฟมาตรฐาน รูป ก-1

∴ ล้ำละลายสกัดนี้มีปริมาณเซนโนไซด์อยู่ = 3.2 มล.กรัม ในล้ำละลาย
ตั้งต้น 100 มล.

ล้ำละลายสกัดนี้ 10 มล. มีปริมาณเซนโนไซด์ = 0.32×10^{-2} กรัม

ค. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แห้ง

ใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แห้ง A_{11} ซึ่ง A_{11} มา 0.983 กรัม ละลายในน้ำให้ได้
ปริมาตรครบ 100 มล. นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเซนโนไซด์ตามวิธีของ Muller วัดค่า E_{510}
และ E_{800} ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1 $E_{510} = 0.20$, $E_{800} = 0.08$; $E_{510}-E_{800} = 0.12$

ครั้งที่ 2 $E_{510} = 0.206$ $E_{800} = 0.09$; $E_{510}-E_{800} = 0.116$

ค่าเฉลี่ย ($E_{510}-E_{800}$) เฉลี่ย = $\frac{0.12 + 0.116}{2} = 0.118$ และ $\frac{0.118}{0.983} = 0.12$ เมื่อใช้
 A_{11} 1 กรัม

นำค่า ($E_{510}-E_{800}$) เผลี่ยไปอ่านค่าปริมาณเซนโนไซด์จากกราฟมาตรฐาน ก-1

∴ ผลิตภัณฑ์ A_{11} มีปริมาณเซนโนไซด์, ร้อยละ = 1.60 โดยน้ำหนัก

ผลิตภัณฑ์ A_{11} 1 กรัม มีปริมาณเซนโนไซด์ = 0.0160 กรัม

A_{11} มีปริมาณความชื้น, ร้อยละ = 17.54 (มาตรฐานแห้ง)

∴ ผลิตภัณฑ์ A_{11} มีปริมาณเซนโนไซด์ = $\frac{0.016 \times 117.54}{100} = 0.0188$ กรัม/

กรัมของแห้งแห้งในผลิตภัณฑ์

การคำนวณผลการสกัด

ใช้ตัวอย่างล้ำละลายสกัดของน้ำอ้อมตัวด้วยฮีเทอร์ ทำการสกัดด้วยวิธีการย่อยละลาย

ปริมาณเซนโนไซด์ที่สกัดได้ ร้อยละ = 0.32

ใบมะขามแขกที่ใช้มีปริมาณเซนโนไซด์, ร้อยละ = 2.88

∴ เป็นผลการสกัด (yield), ร้อยละ = $\frac{0.32}{2.88} \times 100 = 11.1$

การคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายสกัด

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของสารละลายสกัด } E_6 \text{ ก่อนเข้าตู้อบ} &= 2.451 \text{ กรัม} \\ \text{น้ำหนักของ } E_6 \text{ หลังจากเข้าตู้อบ} &= 0.0123 \text{ กรัม} \\ \therefore \text{ ปริมาณของแข็งทั้งหมดใน } E_6, \text{ ร้อยละ} &= \frac{0.0123}{2.451} \times 100 = 0.5 \end{aligned}$$

การคำนวณปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ } A_{11} \text{ ก่อนเข้าตู้อบ} &= 1.2115 \text{ กรัม} \\ \text{น้ำหนักของ } A_{11} \text{ หลังจากเข้าตู้อบจนมีค่าคงที่} &= 1.0307 \text{ กรัม} \\ \therefore \text{ ปริมาณความชื้นของ } A_{11}, \text{ ร้อยละ} &= \frac{1.2115 - 1.0307}{1.0307} \times 100 \\ &= 17.54 \text{ มาตรฐานแห้ง} \end{aligned}$$

การคำนวณปริมาณเช่นไนไฮด์ที่สูญเสียไปของผลิตภัณฑ์แห้ง

$$\begin{aligned} \text{ใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ } A_{11} \text{ ในการคำนวณ (ดูข้อมูลจากตารางที่ 7.1)} \\ \text{สารละลายสกัดที่ใช้มีปริมาณเช่นไนไฮด์} &= 0.0155 \text{ กรัมใน } 10 \text{ มิลลิลิตร} \\ \text{ความหนาแน่นของสารละลายสกัด} &= 1.0244 \text{ กรัม/มิลลิลิตร} \\ \text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายสกัด ร้อยละ} &= 7.92 \end{aligned}$$

\therefore สารละลายสกัดมีปริมาณเช่นไนไฮด์ใน 1 กรัม ของแข็งแห้งจากเตาอบ

$$\begin{aligned} &= \frac{0.0155 \times 100}{10 \times 1.0244 \times 7.92} \text{ กรัม} \\ &= 0.0191 \text{ กรัม} \\ \text{ใช้สารละลายสกัดปริมาตร} &= 43 \text{ มิลลิลิตร} \\ \text{คิดเป็นน้ำหนักสารละลายสกัด} &= 43 \times 1.0244 \text{ กรัม} \\ &= 44.0492 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณของแข็งในสารละลายสกัด } 43 \text{ มิลลิลิตร} = \frac{7.92 \times 44.0492}{100} = 3.4887 \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ ปริมาณเช่นไนไฮด์ทั้งหมดในสารละลายสกัด } 43 \text{ มิลลิลิตร} &= 0.0191 \times 3.4887 \text{ กรัม} \\ &= 0.0666 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{ผลิตภัณฑ์ } A_{11} \text{ มีปริมาณเช่นไนไฮด์} = 0.0188 \text{ กรัม/กรัมของแข็งแห้งในผลิตภัณฑ์}$$

คิดว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายจะกลายเป็นของแข็งแห้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ โดยไม่คำนึงถึงการสูญหายไปของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น

$$\text{ปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์} = 3.4887 \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาณเขนโซไซด์ในผลิตภัณฑ์ทั้งหมดเมื่อไม่คำนึงถึงการสูญหายของผลิตภัณฑ์} \\ &= 3.4887 \times 0.0188 \text{ กรัม} \\ &= 0.0656 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาณเขนโซไซด์ที่สูญเสียไปเนื่องจากความร้อนของผลิตภัณฑ์,} \\ &= \frac{0.0666 - 0.0656}{0.0666} = 0.015 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{คิดเป็นร้อยละ} = 1.5$$

การคำนวณหาน้ำหนักที่สูญหายไปของผลิตภัณฑ์

$$\begin{aligned} \text{ใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ } A_{11} \text{ ในการคำนวณ} \\ \text{ผลิตภัณฑ์ } A_{11} \text{ ที่ได้จากเครื่องอบทั้งหมด} &= 1.8817 \\ \text{ปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ } A_{11} &= \frac{1.8817 \times 100}{117.54} = 1.6 \text{ กรัม} \\ \text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายสกัดที่ใช้ 43 มล.} &= 3.4887 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ } A_{11} \text{ ที่สูญหายไป, ร้อยละ} &= \frac{3.4887 - 1.6}{3.4887} \times 100 \text{ มาตรฐานแห้ง} \\ &= 54.1 \text{ มาตรฐานแห้ง} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ค.

การคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดปริมาณเช่นไนไซด์

ในการวิเคราะห์หาปริมาณเช่นไนไซด์นั้น เนื่องจากปริมาณเช่นไนไซด์ในตัวอย่างมีอยู่เป็นปริมาณน้อย การวัดและการคำนวณในระหว่างการวิเคราะห์หาปริมาณเช่นไนไซด์อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ความผิดพลาดจากเครื่องมือที่ใช้สามารถคำนวณได้ดังนี้

สำหรับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง เช่น ใบมะขามแขกบด และผลิตภัณฑ์ผงแห้ง มีความผิดพลาดอันเกิดจากเครื่องมือที่ใช้ ดังนี้ (ดูหัวข้อ 4.5 ประกอบ)

- เครื่องชั่ง มีความผิดพลาดได้ 0.1 มิลลิกรัม

ใช้ปริมาณสาร 1 กรัม

$$\therefore \text{มีความผิดพลาด ร้อยละ} = \frac{0.1}{1000} \times 100 = 0.01$$

- volumetric flask 100 มิลลิลิตร 1 ครั้ง

มีความผิดพลาดได้ประมาณ 0.01 มิลลิลิตร

คิดเป็นร้อยละ 0.01

- ปีเปต 10 มิลลิลิตร 1 ครั้ง

มีความผิดพลาดได้ครั้งละ 0.01 มิลลิลิตร

$$\therefore \text{คิดเป็นความผิดพลาด ร้อยละ} = \frac{0.01 \times 100}{10} = 0.1$$

- spectrophotometry

มีความผิดพลาดจากการอ่านค่า E ได้ประมาณ 0.001

ซึ่งคิดเป็นความผิดพลาดของปริมาณเช่นไนไซด์ ร้อยละ = 0.001×100

$$= 0.1$$

\therefore ความผิดพลาดในการวัดปริมาณเช่นไนไซด์ด้วยวิธีของ Muller (20) ของตัวอย่างที่เป็นของแข็ง ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือจะมีค่าประมาณ ร้อยละ $0.01 + 0.01 + 0.1 + 0.1 = 0.23$

สำหรับตัวอย่างที่เป็นสารละลาย เช่น สารละลายสกัด E₆ เป็นต้น มีความผิดพลาด
อันเกิดจากเครื่องมือที่ใช้ ดังนี้

- volumetric flask 100 มิลลิลิตร 1 ครั้ง

มีความผิดพลาดได้ประมาณ 0.01 มล

คิดเป็นร้อยละ 0.01

- ปีเปต 10 มิลลิลิตร 1 ครั้ง

มีความผิดพลาดได้ครั้งละ 0.01 มิลลิลิตร

คิดเป็นความผิดพลาด ร้อยละ $\frac{0.01 \times 100}{10} = 0.1$

- spectrophotometry

มีความผิดพลาดจากการอ่านค่า E ได้ประมาณ 0.001

ซึ่งคิดเป็นความผิดพลาด $0.001 \times 100 = 0.1$

∴ ความผิดพลาดในการวัดปริมาณเช่นไนไฮต์ด้วยวิธีของ Muller ของสารละลาย
สกัด ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือ จะมีค่าประมาณ ร้อยละ = $0.01 + 0.1 + 0.1$
= 0.21

ผลิตภัณฑ์	สารละลายสัปดาห์ เข้มข้นที่ใช้ (มล.)	ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตสารละลาย เข้มข้น(บาท)	ความเข้มข้นของ ผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)	เวลาในการ ทำแห้ง (นาที)	น้ำหนักผลิตภัณฑ์ ที่ได้ (กรัม)	เขื่อนโซเดียม ผลิตภัณฑ์ (กรัม/กรัมแห้ง)	ค่าใช้จ่ายใน การทำแห้ง (บาท)	รวมค่าใช้จ่าย ทั้งหมด (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตเขื่อนโซเดียม 1 กรัม (บาท)
A ₁₁	43	5.73	17.54	10	1.8806	0.0188	1.11	6.84	227.60
A ₁₂	45	5.85	16.98	10	1.9686	0.0186	1.11	6.96	222.64
A ₁₃	52	6.26	16.07	10	2.599	0.0185	1.11	7.37	177.80
A ₁₄	42	5.68	15.36	8	2.2242	0.0184	0.97	6.65	187.42
A ₁₅	32	5.10	14.01	8	2.0595	0.0181	0.97	6.07	185.34
A ₂₁	24	4.63	16.18	13	1.221	0.0234	1.31	5.94	241.51
A ₂₂	26	4.75	15.83	10	1.4211	0.0222	1.11	5.86	214.70
A ₂₃	37	5.39	15.15	11	2.1886	0.0228	1.17	6.56	151.36
A ₂₄	34	5.21	14.05	9	2.032	0.0222	1.04	6.25	157.78
A ₂₅	34	5.21	13.31	10	2.1671	0.0218	1.11	6.32	152.08
A ₃₁	43	5.73	13.28	16	2.2683	0.0215	1.51	7.24	167.99
A ₃₂	55	6.43	12.01	15	3.6352	0.0194	1.44	7.87	125.14
A ₃₃	52	6.26	11.07	14	3.3536	0.0186	1.84	8.10	142.00
B ₃	29.7	4.96	10.6	16ชม.	2.689	0.201	18.02	22.98	46.90

ตารางที่ ๔-1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์แห้งจากสารสกัดใบมะขามแขก

การคำนวณ

1. วัสดุดิบและสารเคมี

$$\begin{aligned} - \text{น้ำเดือด } 100^{\circ}\text{C} \text{ จำนวน } 10 \text{ ลิตร} &= 1.67 \text{ บาท} \\ \text{ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการต้ม } 10 \text{ ลิตร เดือด } 100^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

น้ำอุณหภูมิ 0°C ปริมาณ 1 กรัม ถูกเปลี่ยนเป็นน้ำอุณหภูมิ 100°C ปริมาณ 1 กรัม ใช้พลังงาน 100 แคลอรี, น้ำอุณหภูมิ 28°C ปริมาตร 10 ลิตร ถูกต้มให้เป็นน้ำเดือด 100°C ปริมาตร 10 ลิตร,

$$\begin{aligned} \text{ใช้พลังงาน} &= (100-28) \times 10,000 \text{ แคลอรี} \\ &= 7.2 \times 10^5 \text{ แคลอรี} \\ &= 4.18 \times 7.2 \times 10^5 \text{ จูล} \\ &= 3 \text{ เมกะจูล} \\ &= \frac{3}{3.6} = 0.833 \text{ กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

เสียดค่าไฟฟ้าในอัตรา 2 บาท/กิโลวัตต์.ชม.

$$\therefore \text{พลังงานที่ใช้ในการต้ม } 10 \text{ ลิตร คิดเป็นเงิน} = 2 \times 0.833 \text{ บาท}$$

$$= 1.67 \text{ บาท}$$

$$- \text{ไบอะซามแซกบด } 100 \text{ กรัม เป็นเงิน} = 1.40 \text{ บาท}$$

$$\text{ไบอะซามแซกราคากิโลกรัมละ} = 14 \text{ บาท}$$

$$\therefore \text{ไบอะซามแซก } 100 \text{ กรัม เป็นเงิน} = \frac{14}{1000} \times 100 = 1.40 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายในการบด

-

$$- \text{โซเดียมไฮดรอกไซด์ } 1 \text{ N. เป็นเงิน} = 0.0096 \text{ บาท}$$

โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ราคาต้นละ 6,000 บาท

$$\text{ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ } 1 \text{ N. } 20 \text{ มล. เป็นเงิน} = \frac{40}{1000} \times 20 \times \frac{100}{50} \times \frac{6}{1000}$$

$$= 0.0096 \text{ บาท ไม่คิด}$$

$$\text{รวมค่าวัสดุดิบและสารเคมี} = 1.67 + 1.40 = 3.07 \text{ บาท}$$

2. ค่าใช้จ่ายในการสกัด

- ค่าไฟฟ้าในการหมุนมอเตอร์ของใบพัดถึงกวน = 0.17 บาท
- มอเตอร์ของใบพัดใช้พลังงาน = 0.25 กิโลวัตต์ ชม.
- เวลาในการหมุนถึงละ 10 นาที 2 ถึง = $2 \times 10 = 20$ นาที
- เสียดค่าไฟฟ้าในอัตรา 2 บาท/กิโลวัตต์ ชม.
- \therefore ค่าไฟฟ้าหมุนมอเตอร์ คิดเป็นเงิน = $\frac{20}{60} \times 0.25 \times 2 = 0.17$ บาท

3. ค่าใช้จ่ายในการทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้น

ทำให้สารละลายสกัดที่มีความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 0.5 ปริมาตร 10 ลิตร มีความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 8.0 ด้วยเครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง

- ค่าใช้จ่ายในการผลิตสารละลายเข้มข้น ร้อยละ 8.0 = 0.058 บาท/มิลลิลิตรของสารละลายเข้มข้น

ก. มอเตอร์หมุน drum ขนาด 0.7 กิโลวัตต์, ใช้เวลาทำงานประมาณ 7 ชม.
เสียดค่าไฟฟ้าในอัตรา 2 บาท/กิโลวัตต์ ชม.

$$\begin{aligned} \therefore \text{ค่าไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์} &= 2 \times 0.7 \times 7 \text{ บาท} \\ &= 9.80 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ข. เครื่องสูบลูญากาศ ขนาด 1 กิโลวัตต์, ใช้เวลาทำงานประมาณ 7 ชม.

$$\begin{aligned} \therefore \text{ค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบลูญากาศ} &= 1 \times 2 \times 7 \text{ บาท} \\ &= 14 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ค. พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำปริมาตร 10 ลิตร ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 เป็นความเข้มข้น ร้อยละ 8.0 คำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นของสารละลายสกัดเข้มข้นร้อยละ } 0.5 &= 1.0015 \text{ กรัม/มิลลิลิตร} \\ \text{สารละลายสกัด 10 มิลลิลิตร มีน้ำหนัก} &= 1.0015 \times 10,000 = 10015 \text{ กรัม} \\ \text{มีปริมาณของแข็งทั้งหมด} &= \frac{0.5}{100} \times 10015 = 50.075 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{เมื่อเป็นสารละลายสกัดเข้มข้นร้อยละ 8.0 มีน้ำหนัก} = \frac{50.075 \times 100}{8} = 627.19 \text{ กรัม}$$

$$\text{สารละลายสกัดเข้มข้น ร้อยละ 8.0 มีความหนาแน่น} = 1.0244 \text{ กรัม/มิลลิลิตร}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ได้สารละลายสกัดเข้มข้น ร้อยละ 8.0 ปริมาตร} &= \frac{627.19}{1.0244} = 612.25 \text{ มิลลิลิตร} \\
 \therefore \text{จะต้องระเหยน้ำออก} &= 10015 - 627.19 = 9387.8 \text{ กรัม} \\
 \text{ให้ไอน้ำ 1 กรัม ระเหยน้ำออกไปได้ 1 กรัม} & \\
 \therefore \text{ต้องใช้ไอน้ำทั้งหมด} &= 9387.8 \text{ กรัม} \\
 \text{พลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 100 ซี 1 กรัม} &= 537 \text{ แคลอรี} \\
 \therefore \text{พลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 9387.8 กรัม} &= 537 \times 9387.8 \text{ แคลอรี} \\
 &= 5.04 \times 10^6 \text{ แคลอรี} \\
 &= 4.18 \times 5.04 \times 10^6 \text{ จูล} \\
 &= 21.07 \text{ เมกะจูล} \\
 &= \frac{21.07}{3.6} \text{ กิโลวัตต์ ชม.} \\
 &= 5.85 \text{ กิโลวัตต์ ชม.} \\
 \therefore \text{ค่าใช้จ่ายในการผลิตไอน้ำ} &= 2 \times 5.85 = 11.70 \text{ บาท} \\
 \therefore \text{ค่าใช้จ่ายในการผลิตสารละลายเข้มข้น ร้อยละ 8.0 ปริมาตร 612.25 มิลลิลิตร} &= 9.80 + 14 + 11.70 = 35.50 \text{ บาท} \\
 \text{คิดเป็นค่าใช้จ่าย} &= 35.50 / 612.25 \\
 &= 0.058 \text{ บาท/มิลลิลิตรของสารละลาย} \\
 &\text{เข้มข้น}
 \end{aligned}$$

4. ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งสารละลายสกัดเข้มข้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง
คำนวณจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A₂₅

$$- \text{ค่าไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องอัดอากาศ} = 0.5 \text{ บาท}$$

เครื่องอัดอากาศขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ชม. เวลาทำงาน 10 นาที

เสียดำไฟฟ้าในอัตรา 2 บาท/กิโลวัตต์ ชม.

$$\therefore \text{ค่าไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องอัดอากาศ} = 1.5 \times \frac{10}{60} \times 2 = 0.5 \text{ บาท}$$

- ค่าไฟฟ้าใช้ในการทำงานของขดลวดความร้อน = 0.44 บาท

ขดลวดความร้อนใช้ไฟฟ้า 12 แอมแปร์ เวลานานประมาณ 5 นาที

ใช้ค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์

$$\therefore \text{ค่าไฟฟ้าใช้ในการทำงานของขดลวดความร้อน} = \frac{220 \times 12 \times 5 \times 2}{60 \times 1000} = 0.44 \text{ บาท}$$

- ค่าไฟฟ้าใช้ในการทำงานของพัดลมดูดอากาศของเครื่องแยกผลิตภัณฑ์กับอากาศ

$$= 0.17 \text{ บาท}$$

พัดลมใช้มอเตอร์ ขนาด 0.5 กิโลวัตต์ เวลาทำงาน 10 นาที

$$\therefore \text{ค่าไฟฟ้าสำหรับพัดลม} = \frac{0.5 \times 10 \times 2}{60} = 0.17 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง} = 0.5 + 0.44 + 0.17 \text{ บาท}$$

$$= 1.11 \text{ บาท}$$

ผลิตภัณฑ์ A₂₅ ทำจากสารละลายลิกนด์เข้มข้น ปริมาตร

$$= 34 \text{ มล.}$$

ได้ผลิตภัณฑ์น้ำหนัก

$$= 2.1671 \text{ กรัม}$$

ค่าวัสดุดิบและสารเคมี

$$= 3.07 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายในการลิกนด์

$$= 0.17 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายในการผลิตสารละลายเข้มข้น ปริมาตร 34 มล. = $34 \times 0.058 = 1.97$ บาท

ค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง

$$= 1.11 \text{ บาท}$$

$$\therefore \text{รวมค่าใช้จ่ายในการผลิต A}_{25} \text{ ทั้งหมด} = 3.07 + 0.17 + 1.97 + 1.11 \text{ บาท}$$

$$= 6.32 \text{ บาท}$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการผลิต A₂₅ 1 กรัม

$$= \frac{6.32}{2.1671} = 2.92 \text{ บาท}$$

ผลิตภัณฑ์ A₂₅ 1 กรัม มีเซนโนไซด์

$$= \frac{0.0218}{1.1331} = 0.0192 \text{ กรัม}$$

$$\therefore \text{ค่าใช้จ่ายในการผลิตเซนโนไซด์ 1 กรัม จากผลิตภัณฑ์ A}_{25} = \frac{2.92}{0.0192} = 152.08 \text{ บาท}$$

5. ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งสารละลายลิกนด์ด้วยเครื่องอบแห้งในสภาพเยือกแข็ง

คำนวณจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B₃ เครื่องอบแห้งใช้เวลาทำงาน 16 ชม.

- ค่าไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องสูบลม (pump) = 15.84 บาท

เครื่องสูบลมใช้ไฟฟ้า = 2.25 แอมแปร์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาว สุรัชฎา สิงห์ช่วงค์

การศึกษา 2523 ศึกษาค่าสัตรีบัณฑิต (เคมีวิศวกรรม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2527 ศึกษาค่าสัตรีมหาบัณฑิต (เคมีเทคนิค) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

