เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรสาสตร์, กรุงเทพฯ. 292 หน้า.

เนทิยา ตัณฑชุณห์. 2544. **การลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดโดยกระบวนการโอโซนเนชัน.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ กัลยาเลิศ. 2540. **การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยโอโซน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยมหิดล.

วินัศ ภูมินาถ. 2545. สารซัลไฟต์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหาร. **อาหาร.** (4): 235-239.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. 2537. **มันสำปะหลัง.** เอกสารวิชาการ. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

สมจิตต์ บวรวัฒนาโสภณ และ วรรณภา ตันยืนยงค์. 2544. สารฟอกขาว (Bleaching agents). **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** ปีที่ 49 เล่มที่ 157 (ก.ย. 44): 32-35.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2516. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง.** มอก. 52-2516.

_____. 2521. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง.** มอก. 274-2521.

_____. 2535. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร.** มอก. 1073-2535.

สิทธิโชค วัลลภาทิตย์. 2541. **การศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการควบคุมคุณภาพในโรงงานแป้งมันสำปะหลังโดยการควบคุมการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริพร สธนเสาวภาคย์. 2544. การประยุกต์ใช้ OZONE ในอุตสาหกรรมอาหาร. **LAB. TODAY.** (ต.ค. 44): 69-74.

สุทธิเวช ต.แสงจันทร์. 2540. โอโซน: สารกำจัดมลพิษเพื่อสิ่งแวดล้อม. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** ปีที่ 45 เล่มที่ 145 (ก.ย. 40): 8-12.

สุรพล รักปทุม. 2543. **โอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม.** โรงพิมพ์ภาพพิมพ์, กรุงเทพฯ. 143 หน้า.

สุเมธ ชวเดช. 2541. **การพัฒนากระบวนการออกซิเดชันโอโซนสำหรับการบำบัดน้ำเสีย.** รายงานการวิจัยวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Alfafara, C.G., V.P. Migo, J.A. Amarante, R.F. Dello, and M. Matsumura. 1999. **7th Ozone treatment of distillery slop waste.** IAWQ Asia-pacific Regional Conference, Taipei

Angibeaud, P., J. Defaye, and A. Gadelle. 1985. Cellulose and starch reactivity with ozone. pp. 161-171. In J.F. Kennedy.et al. (Eds.). **Cellulose and its derivative, chemistry, biochemistry and applications.** Horwood, Chichester.

Anonymous, 2004. Ingredients—bleach: **http://sci-toys.com/ingredients/bleach.html,** May, 2006.

Anonymous, 2005. Phytochemicals: **http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/scopoletin.php**, April, 2006.

Anonymous, 2006. Catechin: **http://en.wikipedia.org/wiki/Catechin,** April, 2006.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. **Official method of analysis 15th ed.** Verginia: The Association of Official Analytical Chemists.

Balogopalan, C., G. Padmaja, S.K. Nada, M. Tech, and S.N. Moorthy. 1988. **Cassava in Food, Feed, and Industry.** CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 205 p.

BeMiller, J.N. 1997. Starch modification challenges and prospects. **Starch/Starke.** 49: 215-224.

Byrd Jr., M.V. and K.J. Knoernschild. 1992. Design considerations for ozone bleaching : a guide to ozone use, generation, and handling. **Tappi Journal.** 75(5): 101-106.

Castelo Branco Carvalho, L.J., C.R. Batista de Souza, J.C. de Mattos Cascardo, and M.A. Valle Agostini. 2004. Subtractive cDNA library and macro-array applied to isolate specific genes related to the color diverity in the storage root of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network (6, 2004, Cali, Columbia). Abstracts. Cali, CO: Centro International de Agricultura Tropical (CIAT). 2004. Available Source: **http://www.ciat.cgiar.org/biotechnology/cbn/sixth_international_meeting/cbn_VI_abstracts.pdf,** May, 2006.

Evans, F.L. 1972. **Ozone in water and wastewater treatment.** Ann Arbor Science, Ann Arbor, Mich. 185 p.

Gilbert, E. 1988. Biodegradability of ozonation products as a function of COD and DOC elimination by the examle of humic acids. **Water Reseach.** 22 (1): 123-126.

Govindasamy, S., C.G. Oats, and H.A. Wang. 1992. Characterization of changes of sago starch components during hydrolysis by a thermostable alpha-amylase. **Carbohydrate Polymer.** 18: 89-100.

Holmes-Farley, R. 2006. Ozone and the Reef Aquarium, Part 1: Chemistry and Biochemistry: **http://www.reefkeeping.com/issues/2006-03/rhf/index.php**, April, 2006.

Hostachy, J.-C., G. Lenon, J.-L. Pisicchio, C. Coste, and C. Legay. 1997. Reduction of pulp and paper mill pollution by ozone treatment. **Water Science and Technology.** 35: 261-268.

International Standard (ISO). 1996. **Modified starch – Determination of carboxyl group content of oxidation starch.** ISO 11214:1996(E). 4 p.

Ishizaki, K., K. Sawadaishi, K. Miura, and N. Shinsiki. 1987. Effect of ozone on plasmid DNA of Escherichia Coli in situ. **Water Research.** 21: 823-827.

Katai, A.A., and C. Schuerch. 1966. Mechanism of ozone attack on α-methyl glucoside and cellulosic materials. **Journal of Polymer Science: Part A-1.** 4: 2683-2703.

Knight, J.W. 1969. **The Starch Industry.** Pergamon Press Ltd. Oxford. 189 p.

Kuakpetoon, D. and Y.-J. Wang. 2001. Characterization of different starches oxidized by hypochlorite. **Starch/Starke.** 53: 211-218.

Leach, H.W. 1965. Gelatinization of starch. pp. 289-306. In R.L. Whistler, E.F. Paschall, J.N. beMiller, and H.J. Roberts (Eds.). **Starch: Chemistry and Technology Vol. I.** Academic Press, New York.

Leach, H.W., L.D. McCowen, and T.J. Schoch. 1959. Starch of granule I. Swelling power and solubility pattern of various starches. **Cereal Chemistry.** 36: 534-544.

Liakou, S., S. Pavlou, and G. Lyberatos. 1997. Ozonation of azo dyes. **Water Science and Technology.** 35 (4): 279-286.

Masten, S..J. and S.H.R. Davies. 1994a. The use of ozonation to degrade organic contaminants in wastewater. **Environmental Science and Technology.** 28(4): 181A-185A.

Masten, S..J. and S.H.R. Davies. 1994b. Use of ozone and other strong oxidants for hazardous waste management. pp. 517-540. In J.O. Nriagu and M.S. Simmons (Eds.). **Environmental oxidants.** Wiley, New York.

Moodley, M., S.B. Davis, and M. Adendorff. 1999. Full scale decolourisation trial with ozone. **International Sugar Journal.** 101: 165-171.

Newport Scientific. 1995. **Operation Method for the Series 4 Rapid Visco Analyser.** Worriewood. 93 p.

Preis, S., S. Kamenev, J. Kallas, and R. Munter. 1995. Advanced oxidation processes against phenolic compounds in wastewater. **Ozone Science and Engineering.** 17: 399-418.

Radley, J.A. 1976. **Starch Production Technology**. Applied science publisher Ltd., London. 587 p.

Rutenberg, M.W. and D. Solarek. 1984. Starch derivatives: technology and uses. pp. 311-388. In R.L. Whistler, J.N. beMiller, and E.F. Paschell (Eds.). **Starch: Chemistry and Technology. 2nd Ed.** Academic press inc., Florida.

Smith, R.J. 1967. Characterization and analysis of starches. pp. 569-635. In R.L. Whistler, and E.F. Paschell (Eds.). **Starch: Chemistry and Technology V.II.** Academic press inc., Florida.

Sriroth, K., S. Wanlapatit, K. Piyachomkwan, and C.G. Oates. 1998. Improved cassava starch granule stability in the presence of sulphur dioxide. **Starch/Starke.** 50: 466-473.

Stuart, A.S.C., C.C. Maningat, and P.A. Seib. 1989. Starch paste clarity. **Cereal Chemistry.** 66(3): 173-182.

Swinkels, J.J.M. 1985. Sources of starch, its chemistry and physics, pp. 15-46. In G.M.A. Van Beynum and J.R. Roels (Eds.). **Starch Conversion Technology.** Marcel Dekler, Inc., New York.

Szymanski, C.D. 1964. Ozone oxidation of cassava starch. **Journal of Applied Polymer Science.** 8: 1597-1606.

Wurzburg, O.B. 1986. **Modified Starches: Properties and Uses.** CRC Press Inc., Florida. 277 p.

Wenham, J. E. 1995. Post-harvest deterioration of cassava: **http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/V4510E/V4510E00 htm**, May, 2006.

Zobel, H.F. 1984. Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. pp. 285-309. In R.L. Whistler, J.N. beMiller, and E.F. Paschell (Eds.). **Starch: Chemistry and Technology. 2nd Ed.** Academic press inc., Florida.

ภาคผนวก

วิธีการวิเคราะห์

1. <u>การวิเคราะห์สมบัติของแป้ง</u>

1.1 <u>ความชื้น</u> (มอก. 25-2516)

<u>เครื่องมือ</u>

จานอะลูมิเนียม (aluminium dish) พร้อมด้วยฝาปิด
ตู้อบไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้
เดซิเคเตอร์ที่มีสารดูดความชื้น

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

อบจานอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ถึง 107 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 นาที นำออกมาใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งจดน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างแป้งในจานอะลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนแล้วจดน้ำหนักไว้ นำไปอบที่ที่อุณหภูมิ 105 ถึง 107 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 ชั่วโมง นำออกมาใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง อบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุดถึงเป็นน้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{(W_2 - W_1)}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม เป็นกรัม
W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม
W_3 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

1.2 การวัดค่าความขาวของแป้ง (Oprerating Instructions : KETT Digital Whiteness Meter for Powder, Model C-100-3. Kett Electric Laboratory.)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง KETT Digital Whiteness Meter Model C-100-3

วิธีวิเคราะห์

1. ก่อนเปิดเครื่องทำการเทียบมาตรฐานเครื่อง โดยใส่แผ่นเทียบมาตรฐานใส่ในถ้วยใส่ตัวอย่าง โดยหันด้านที่เป็นสีขาวออกมาด้านนอก แล้วใส่ลงในตลับใส่ตัวอย่างใส่ตลับใส่ตัวอย่างลงในช่องวัดตัวอย่าง โดยหันด้านตัวอย่างออก กดปุ่ม “POWER” เพื่อเปิดเครื่อง และคอยจนไฟขึ้นที่ปุ่ม ‘WAIT” หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏค่าความขาวของแผ่นเทียบมาตรฐานเท่ากับ 86 ให้กด “SENSITIVITY”

2. ทำความสะอาดแผ่นกรองแสงของตลับใส่ตัวอย่างด้วยผ้านุ่ม และแปรงปัดฝุ่น ใส่ตัวอย่างให้สูงกว่าขอบของถ้วยใส่ตัวอย่างเล็กน้อย วางถ้วยใส่ตัวอย่างลงในตลับใส่ตัวอย่าง ใส่ตลับใส่ตัวอย่างลงในช่องวัดตัวอย่าง ค่าความขาวปรากฏบนหน้าจอ ทำการวัด 2 ซ้ำ โดยยกตลับใส่ตัวอย่างขึ้นและใส่ลงในช่องตัวอย่าง และกดปุ่ม “AVERAGE” เพื่อหาค่าเฉลี่ย

1.3 การวิเคราะห์ค่าความโปร่งแสงของแป้งเปียก (Cold paste clarity) (Stuart *et al.*, 1989)

เครื่องมือ

เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 5, USA)
เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง
เตาไฟฟ้า
หลอดวัดค่าเปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่าน (Cuvette)

วิธีวิเคราะห์

เตรียมสารละลายน้ำแป้ง ให้มีความเข้มข้นแป้งร้อยละ 1 (น้ำหนักแป้งแห้ง) ทำการเจลาติไนเซชันสารละลายน้ำแป้งตัวอย่างในน้ำเดือด แล้วทิ้งให้เย็นถ่ายเจลแป้งตัวอย่างลงในหลอดวัดค่าเปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่าน (Cuvette) วัดค่าร้อยละแสงส่องผ่าน (%Light Transmittance) ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร

1.4 การวิเคราะห์สมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA รุ่น 4D (Newport Scientific Pty, Ltd., 1995)

เครื่องมือ

เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) รุ่น 4D พร้อมแคนและพาย
เครื่องแฮมเมอร์มิลล์
ตะแกรงละเอียดขนาด 0.8 มิลลิเมตร

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างมาจำนวนหนึ่งใส่ลงในแคน โดยน้ำหนักของตัวอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างและความชื้น ในกรณีที่ตัวอย่างไม่ละเอียด ให้บดตัวอย่างด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ แล้วร่อนด้วยตะแกรงละเอียดขนาด 0.8 มิลลิเมตร ก่อนชั่งตัวอย่างใส่แคน

2. กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ให้ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 25.00 $\pm$ 0.05 มิลลิลิตร ใส่ลงในแคนของเครื่อง RVA ปริมาณของตัวอย่างและน้ำที่ใช้ควรคำนึงถึงความชื้นของตัวอย่างด้วย โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร สำหรับความชื้นที่ 14 เปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$M_2 = \frac{(100 - 14) \times M_1}{100 - M_1}$$

$$W_2 = 25.0 + M_1 + M_2$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับแป้งแต่ละชนิด
M_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ถูกต้อง
W_2 คือ ปริมาณน้ำที่ถูกต้อง

3. ใส่พาย (paddle) ลงในแคน หมุนพายไปมาแรงๆ และดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวน้ำหรือติดอยู่ที่พาย

4. นำแคนที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA กดมอเตอร์ลงเพื่อให้เครื่อง RVA ทำงาน

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้ อ่านและบันทึกค่าต่าง ๆ ดังนี้ อุณหภูมิที่ทำให้แป้งพองตัว (pasting temperature), ความหนืดเมื่อแป้งพองตัวสูงสุด (peak viscosity), ความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (trough), ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown), ความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) และความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (final viscosity)

1.5 <u>การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของแป้ง</u> (Acidity) ดัดแปลงจากวิธีของ Smith (1967)

<u>เครื่องมือ</u>

สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
ฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งแป้งตัวอย่าง 5.0 กรัม ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำ 150 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที เขย่าตลอดเวลาในช่วง 5 นาทีแรก เพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน

2. เมื่อครบเวลา ทำการไตเตรทสารละลายแป้งขณะร้อนทันที ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ใช้ฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีชมพูจึงหยุดการไตเตรท

การคำนวณ

$$\text{ค่าความเป็นกรด (meq/g)} = \frac{V \times N \times 100}{W}$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซ์ (มิลลิลิตร)
N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)
W คือ น้ำหนักตัวอย่างแป้ง (กรัม)

1.6 การวิเคราะห์ปริมาณหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group content) ดัดแปลงจากวิธีของ ISO 11214:1996(E) และ Kuakpetoon และ Wang (2001)

เครื่องมือ

Magnetic stirrer พร้อม Magnetic bar
ชุดกรอง suction และกระดาษกรองเบอร์ 1

สารเคมี

สารละลายซิลเวอร์ไนเตรทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก
สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล
ฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งแป้ง 2.0 กรัมในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล 25 มิลลิลิตร กวนผสมด้วย magnetic stirrer นาน 30 นาที

2. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้ชุดกรอง suction แล้วล้างตะกอนแป้งออกจากกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ ตรวจสอบน้ำล้างตะกอนให้ไม่มีคลอรีนเหลืออยู่ด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก

3. ใช้น้ำกลั่นล้างตะกอนแป้งบนกระดาษกรองลงในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำให้ได้ปริมาตรครบ 300 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที เขย่าตลอดเวลาในช่วง 5 นาทีแรก เพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน

4. เมื่อครบเวลา ทำการไตเตรทสารละลายแป้งขณะร้อนทันทีด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล ใช้ฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีชมพูจึงหยุดการไตเตรท

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณร้อยละของคาร์บอกซิล} = \frac{[V \times N \times 0.045] \times 100}{W}$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)
N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)
W คือ น้ำหนักตัวอย่างแป้ง (กรัม)

1.7 <u>การวิเคราะห์ปริมาณหมู่คาร์บอนิล</u> (Carbonyl group content) ตามวิธีของ Kuakpetoon และ Wang (2001)

<u>เครื่องมือ</u>

เครื่องวัด pH
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า

สารเคมี

สารละลายไฮดรอกซิลามีน ชั่ง สารไฮดรอกซิลามีนไฮโรคลอริก 25 กรัม ละลายในสารละลายไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

สารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งแป้งตัวอย่าง 4.0 กรัมในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 20 นาที เขย่าตลอดเวลาในช่วง 5 นาทีแรก เพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน

2. นำฟลาสก์ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลงอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส ปรับ pH ให้เป็น 3.2 ด้วยสารละลายกรดไฮโรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล แล้วเติมสารละลายไฮดรอกซิลามีน 15 มิลลิลิตร ปิดจุกยางแล้วนำไปเขย่าในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

3. ครบเวลาทำการไตเตรททันทีด้วยสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล หยุดการไตเตรทเมื่อได้ pH เท่ากับ 3.2 จากนั้นทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่นอย่างเดียวแล้วทำตามขั้นตอนเดิม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณร้อยละของคาร์บอนิล} = \frac{[(B - S) \times N \times 0.028] \times 100}{W}$$

เมื่อ B คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับแบลงค์

S คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างแป้ง (กรัม)

1.8 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแป้งโดยวิธีการกลั่น (AOAC, 1990)

เครื่องมือ

ชุดกลั่นดัดแปลงตามแบบ Monier-Williams
ชุดดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Alternative SO_2 absorber)
ถังพร้อมบรรจุก๊าซไนโตรเจน
บิวเรต

สารเคมี

โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์
สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 วิเคราะห์เชิงปริมาณก่อนโดยทำการการไตเตรทหาความเข้มข้น (standardize) กับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต และใช้เมธิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์
สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล
กรดไฮโรคลอริกเข้มข้นผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 (1+2) และ 1 ต่อ 20 (1+20) โดยปริมาตร
เมธิลเรด อินดิเคเตอร์
ไพโรแกลลอล (Pyrogallol)

วิธีวิเคราะห์

1. บดไพโรแกลลอล 4.5 กรัม ใส่ในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แล้วเทใส่ในขวดดักก๊าซ บดไพโรแกลลอลซ้ำอีกครั้ง แล้วใส่ลงในขวดดักก๊าซพร้อมกับน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ผ่านก๊าซไนโตรเจนลงในขวดดักก๊าซเพื่อไล่อากาศออก ใส่สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (65 กรัม ใส่น้ำกลั่น 85 มิลลิลิตร) ซึ่งเย็นแล้วลงในขวดดักก๊าซผ่านกรวยกรอง ปิดก๊าซไนโตรเจนแล้วต่อท่อซิลิโคน (ซึ่งต้มในกรดไฮโดรคลอริก (1+20)) และล้างน้ำกลั่น แล้วต่อระหว่างขวดดักก๊าซและขวดกลั่น ปิดท่อทั้งสองข้างของขวดดักก๊าซ

2. ใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 3 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดดักก๊าซ SO_2 และหยดเมธิลเรด 5 หยด ต่อชุด separator กับขวดกลั่น และต่อท่อรูปตัว U ที่มีจุกยางที่ปลายของที่ปลายของ separator เปิดก๊าซไนโตรเจนเข้า separator ปิดจุกของ separator ทิ้งไว้ 2-3 นาที เพื่อตรวจสอบรอยรั่วของก๊าซโดยดูจากระดับของเหลวในตัวดูดซับก๊าซ

3. ใส่ตัวอย่างลงในขวดกลั่น (ที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่าหรือเท่ากับ 45 มิลลิกรัม) ประมาณ 50 กรัม (ร้อยละของความชื้น, M) โดยใช้น้ำกลั่นช่วย เจือจางให้ได้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร และใส่กรดไฮโรคลอริก (1+2) ปริมาณ 90 มิลลิลิตร ที่ปลาย separator ทีละน้อยเปิดก๊าซไนโตรเจนให้เกิดฟองช้า ๆ ให้ความร้อนจากเตาหลุมไฟฟ้า 900 องศาเซลเซียส ไปยังขวดกลั่น เปิดน้ำเข้าเครื่องควบแน่น จนเกิดการกลั่นตัวของน้ำในเวลา 25 นาที แล้วกลั่นต่อที่ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4. เมื่อครบเวลา ปิดน้ำที่เข้าหลอดควบแน่นและให้ความร้อนต่อจนปลายของตัวดูดซับด้านบนร้อนเล็กน้อย แล้วถอด separator ออก หยุดให้ความร้อนชุดกลั่น เมื่อปลายหลอดควบแน่นอุ่นขึ้น ถอดชุด absorber ออก ใช้น้ำกลั่นกลั้วเล็กน้อย หยดเมธิลเรด 5 หยด แล้วไตเตรทกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 นอร์มอล จดปริมาตรที่ใช้

<u>การคำนวณ</u>

1 มิลลิลิตรของ NaOH 0.01 นอร์มอล = 3.203 มิลลิกรัมของ SO_2

ดังนั้น

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนต่อล้านส่วน)} = \frac{3.203 \times V \times N \times 1000 \times 100}{W \times (100 - M) \times 0.1}$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซ์ (มิลลิลิตร)
W คือ น้ำหนักตัวอย่างแป้ง (กรัม)
M คือ ร้อยละของความชื้นตัวอย่างแป้ง

1.9 <u>การวิเคราะห์โมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบภายในอนุภาคแป้ง</u> (Govindasamy และคณะ, 1992)

<u>เครื่องมือ</u>

เครื่อง High Performance Size Exclusion Chromatography (Shimadzu, Japan)
เครื่อง Sonicator (Vibra cell^{TM}, Sonics&Materials Inc., USA)
เครื่องอุลตราโซนิค (2210 Branson Ultrasonic, USA)
หลอดแก้วปริมาตร 30 มิลลิลิตร
อ่างน้ำเดือด
ชุดกรอง Millipore filter และเยื่อแผ่นกรองชนิด Cellulose nitrate ขนาดรูพรุน 8.0 ไมครอน และ 0.45 ไมครอน

<u>สารเคมี</u>

สารมาตรฐานเด็กซ์แทรน (Fluka Chemie AG CH-9471 Buchs, Switzerland) ที่มีขนาดโมเลกุลต่างๆ

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งแป้งตัวอย่าง 0.04 กรัมใส่ลงในหลอดแก้ว เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรเขย่าผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เขย่าผสมตลอดเวลาเพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน

2. นำหลอดแก้วออกมาตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการ sonicate เป็นเวลา 18 วินาทีโดยใช้ amplitude เท่ากับ 30 ด้วยเครื่อง Sonicator

3. กรองตัวอย่างที่ได้ผ่านเยื่อแผ่นกรองขนาดรูพรุน 8.0 ไมครอน นำตัวอย่างที่กรองแล้วมาวิเคราะห์หาโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบภายในอนุภาคแป้ง โดยใช้เครื่อง High Performance Size Exclusion Chromatography ซึ่งประกอบด้วยปั๊มรุ่น LC-10AT ควบคุมการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่ซึ่งเป็นน้ำดีไอโอไนซ์ที่ผ่านการกรองด้วยเยื่อแผ่นกรองขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน แล้วไล่อากาศด้วยเครื่องอุลตราโซนิค อัตราการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่เท่ากับ 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้ 3

คอลัมน์ต่อกันเป็นลำดับ ดังนี้ Ultrahydrogel linear, Ultrahydrogel 120 และ Ultrahydrogel 120 โดยควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 40 องศาเซลเซียส ใช้ดีเทคเตอร์ชนิด RID-10A ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 40 นาทีต่อตัวอย่าง ฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร ควบคุมปริมาตรด้วยเครื่อง Autoinjector ชนิด SIL-10A การทำงานของเครื่องควบคุมโดย CBM-10A ผ่านคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม CLASS-LC10

4. บันทึกลักษณะ chromatogram และระยะเวลาที่องค์ประกอบต่างๆถูกชะออกจากคอลัมน์ (retention time) เพื่อนำมาคำนวณขนาดของโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเด็กซ์แทรนที่มีขนาดโมเลกุลต่างๆ

5. เตรียมสารละลายมาตรฐานเด็กซ์แทรนในน้ำดีไอโอไนซ์ ให้มีความเข้มข้น 1,200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายมากรองผ่านเยื่อแผ่นกรองขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน

6. ฉีดสารละลายมาตรฐานเข้าเครื่อง HPSEC บันทึกระยะเวลาที่สารมาตรฐานเด็กซ์แทรนถูกชะออกจากคอลัมน์ และคำนวณค่า log ของค่าน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของสารมาตรฐานเด็กซ์แทรนที่ใช้ (Mn) เพื่อนำไปสร้างกราฟ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

7. สร้างกราฟมาตรฐาน โดยให้ค่า log ของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของสารมาตรฐานเด็กซ์แทรน (log $\overline{Mn}$) เป็นแกน y และเวลาที่สารมาตรฐานเด็กซ์แทรนถูกชะออกจากคอลัมน์เป็นแกน x

8. คำนวณหาขนาดของโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบต่างๆภายในอนุภาคแป้งได้โดยการนำระยะเวลาที่องค์ประกอบต่างๆถูกชะออกจากคอลัมน์มาเทียบหาค่า log Men ตามสมการ

$$\log Mn = (-0.3905 \times \text{เวลา}) + 13.803$$

9. คำนวณหาค่าขนาดขององค์ประกอบ (DPn) ของอนุภาคแป้งได้จากสูตร :

$$DPn = \frac{\overline{Mn}}{162}$$

ตารางผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่สารมาตรฐานเด็กซ์แทรนถูกชะออกจากคอลัมน์กับค่าน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของสารมาตรฐานเด็กซ์แทรน ($\overline{Mn}$) และค่า log ของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของสารมาตรฐานเด็กซ์แทรน ($\log \overline{Mn}$)

เวลา (นาที)	($\overline{Mn}$)	($\log \overline{Mn}$)
26.596	3260	3.513
25.582	8110	3.909
23.847	18300	4.262
23.348	35600	4.551
22.998	55500	4.744
22.441	10300	5.001
22.082	164200	5.215
21.871	236300	5.373
21.599	332800	5.522
21.626	500500	5.699

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	:	นายภัควัฒน์ เลาคา
วัน เดือน ปีเกิด	:	22 สิงหาคม 2520
สถานที่เกิด	:	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	:	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยมหิดล
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	:	ทุนโครงการบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ จากสำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)