บทปฏิบัติการที่ 1
บทนำการปฏิบัติการวิเคราะห์อาหาร
(Introduction to Food Analysis Laboratory)

วิชาการวิเคราะห์อาหารเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สารประกอบต่างๆในอาหารทุกชนิด เมื่อมีการทำผลิตภัณฑ์อาหารก็ต้องมีการควบคุมคุณภาพอาหาร วิชาการวิเคราะห์อาหารยังเป็นพื้นฐานของหลายวิชา เช่น การควบคุมคุณภาพอาหาร กระบวนการแปรรูปอาหาร วัตถุเจือปนอาหาร เทคโนโลยีของธัญญาหาร ผลิตภัณฑ์นม การวิเคราะห์อาหารที่ถูกต้องจะมีประโยชน์อย่างยิ่งเพราะทำให้ผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานสามารถขึ้นทะเบียนได้ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจและผู้ผลิตก็มั่นใจในการผลิตสินค้ามากขึ้น ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ยาฆ่าแมลงในผักผลไม้ ทำให้ผู้บริโภคมั่นใจในความปลอดภัยของอาหาร หรือการวิเคราะห์โลหะหนักในอาหารทะเล ซึ่งโลหะหนักจะเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆได้

คุณสมบัติของผู้ที่จะเป็นนักวิเคราะห์อาหาร ควรเป็นผู้ที่มีระเบียบ มีความมั่นใจในการทำงาน มีการวางแผนงานก่อนเริ่มต้นปฏิบัติงานจึงจะช่วยให้สัมฤทธิ์ผล ควรจะหยุดและคิดก่อนที่จะเริ่มขั้นต่อไป สิ่งที่อาจจะเกิดในขั้นต่อไป เช่น การปนเปื้อนของสารอื่นซึ่งจะทำให้ผลที่ได้คลาดเคลื่อนไป

สมุดบันทึกการปฏิบัติการ

สมุดบันทึกมีความสำคัญต่อการปฏิบัติงาน ลักษณะของสมุดบันทึก

1. ควรเป็นสมุดปกแข็งเพื่อจะได้คงทนในการทำงาน
2. ควรจดข้อมูลทุกอย่างลงในสมุดบันทึกการทำงานโดยตรงและจดข้อมูลอย่างละเอียดรอบคอบก่อนการคำนวณเพื่อสามารถมาตรวจสอบความผิดพลาดทีหลัง ไม่ควรลบข้อมูลที่ไม่ใช้ออกควรขีดฆ่าไว้แล้วระบุว่าข้อมูลนี้ไม่ใช้หรือยกเลิกแม้ข้อมูลนั้นจะไม่ถูกต้องก็คงแสดงไว้แต่ไม่ใช้เท่านั้น
3. สมุดบันทึกควรประกอบด้วยส่วนสำคัญอื่นๆ เช่น ตาราง เลขหน้า และส่วนอื่นคือ
   3.1 ชื่อการทดลองควรเริ่มต้นด้วยวันที่ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่วิเคราะห์
   3.2 วัตถุประสงค์การทดลอง วัตถุประสงค์การทดลองควรชัดเจน

3.3 ข้อมูลควรบันทึกข้อมูลโดยละเอียด เช่น น้ำหนักของตัวอย่าง จำนวน ปริมาตร เมื่อเสร็จการทดลองแต่ละครั้งควรนำข้อมูลไปคำนวณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน และไม่มีรอยลบ ควรใช้วิธีขีดฆ่า

3.4 ผลการทดลอง ในส่วนนี้จะประกอบด้วยการคำนวณ กราฟและรายงาน

3.5 สรุปผลการทดลองเพื่อแสดงผลการทดลองของการวิเคราะห์

3.6 ค้นคว้าจากเอกสารอ้างอิงเพื่อประกอบรายงานและศึกษา

หมายเหตุ นักศึกษาควรศึกษาจากหนังสือคู่มือปฏิบัติการก่อนเข้าปฏิบัติการทุกครั้ง

การเขียนรายงาน

การทดลองที่.....

เรื่อง.....

วันที่ทำการทดลอง.....

ชื่อผู้ทดลอง.....

รหัส.....

ชื่อผู้ร่วมงาน.....

รหัส.....

วัตถุประสงค์ของการทดลอง (นักศึกษาควรเข้าใจจุดประสงค์ของการทดลองก่อนจะทำการทดลอง)

หลักการ (ขอให้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อความชัดเจนของการทดลอง พร้อมทั้งปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง)

เครื่องมือ (ขอให้ระบุชื่อเครื่องมือพร้อมรุ่นของเครื่องมือให้ถูกต้อง)

สารเคมี (ระบุชื่อ เกรด ตลอดจนสูตรโมเลกุลของสารเคมีให้ถูกต้อง)

วิธีทดลอง (เขียนวิธีทดลองเป็นข้อๆ ให้ชัดเจนซึ่งผู้อื่นสามารถติดตามผลการทดลองได้ถูกต้องและสามารถปฏิบัติตามได้)

ผลการทดลองและวิจารณ์ (แสดงผลการทดลองโดยแสดงการคำนวณ พร้อมกราฟและอื่นๆเพื่อติดตามผลการทดลองได้)

สรุปผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

เอกสารที่นำมาประกอบการเขียนรายงานมี 2 ประเภท

1. หนังสือ
2. วารสาร

หมายเหตุ ไม่ควรใช้ข้อมูลจาก Internet เพราะไม่มีแหล่งที่มาของข้อมูลแน่นอน

วิธีเขียนเอกสารอ้างอิง

หนังสือ

โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข. 2547. *พัฒนาการทางสมองกับการเรียนรู้.* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2534. น้ำสมุนไพร. สำนักพิมพ์เมดิคัลมีเดีย. บริษัท เมดิคัลมีเดีย จำกัด. 228 ถนนอรุณอัมรินทร์ แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กทม. 10700.

ณสรรค์ ผลโภค. 2538. กลศาสตร์ 1. สำนักพิมพ์ Science Center. กรุงเทพฯ.

Amerine, M. A. 1958. Composition of wines. I. Organic constituents. In *Advances in Food Research,* 5:354-446. New York: Academic Press.

Ashurst, P.R. 1992. Food Flavorings. 2nd ed. Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman & Hall Wester Cleddens Road, Bishopbriggs, Glasgow G64 2 NZ.

วารสาร

แบบที่ 1

สุดาพร ลักษณียนาวิน. 2542. วิธีวิทยาการวิจัยสหวิทยาการ. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัยสหวิทยาการ.* คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Basset, J., Denny, R. C., Jeffery, G.H., and Mendham, J. 1982. *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis.* 4th ed. William Limited, London.

Drysdale, G. S. and Fleet. G. H. 1985. Acetic acid bacteria in some Australian wines. *Food Tech. Aust.* 37:17-20.

Patton, S., Keeney, M., and Kurtz, G. W. 1951. Compounds producing the Kreis color reaction with particular reference to oxidized milk fat. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 28, 391-393.

Proctor, J., J. M. Anderson., S. C. L. Fogden., and H. W. Vallack. 1983. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. *Journal of Ecology* 71:261-283.

แบบที่ 2

Bolin, H. R., and A. E. Stafford. Effects of processing and storage on provitamin A and vitamin C in Apricots, *J. Food Sci.* 39:1034-1036 (1974).

Laksshminarayan, S., M. V. Rao., N. Subramanian., and N. Srinivan. Free amino acid in tamarind pulp, *J. Sci. Ind. Res.* (India) (1954).

แบบที่ 3

B. M. Gordon, C. E. Rix, and M. F. Borgerding, Comparison of state-of-the-art column switching techniques in high resolution gas chromatography, *J. Chromatogr. Sci.* 23:1(1985).

วิทยานิพนธ์

Strangelove, M. 1992. **Patron-client dynamics in Flarius Josephus' VITA:A crsoss-disciplinary analysis** (Master's thesis, University of Ottawa, Canada)

Shuka, J. P., Ph.D. Thesis, C.S.A. University of Agriculture and Technology, Kampur, India, 1979.

การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ

สำเริง บุญเรืองรัตน์. **สมการแสดงความสัมพันธ์ของธาตุ**. เสนอในการประชุมทางวิชาการเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ. จัดโดยสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ระหว่างวันที่ 21-23 ธันวาคม 2522.

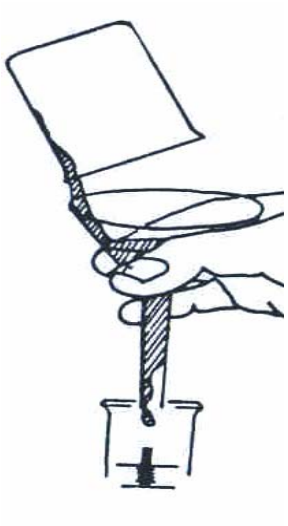
Xenos, Peter, Achmad, Sulistinah, lin, Hui-Sheng, Podhista, Chai, and Raymundo, Corazan. 2001. **Cross-National Comparison and the Importance of Sub-Groups within Countries.** International Conference on Asian Youth at Risk: Social, health and Policy Challenges, Taipei, Taiwan.

Tupchiangmai, W.; Pattanaprateep, P.; Chimnoi, N.; Suksamran, A.; **Synthesis and biological activity of heterocyclic ester derivatives polyhydroxy ecdysteroids.** The 27th Congress on Science and Technology of Thailand. October 16-18, 2001. Had yai, Songkla, p.218.

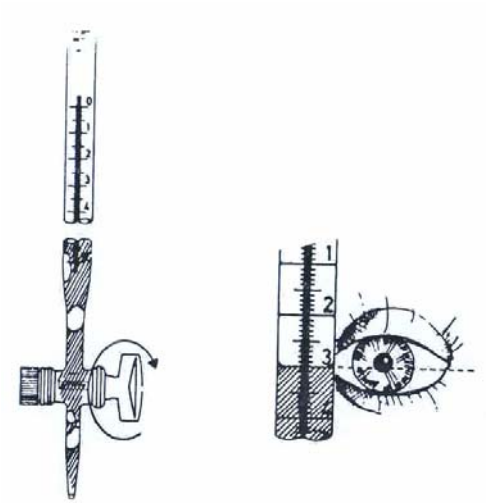
ภาพที่ 1.1 การทำความสะอาดร่างกายเมื่อถูกสารเคมี

ภาพที่ 1.2 วิธีใช้บิวเรทกับสารละลายในห้องปฏิบัติการ

1. ล้างบิวเรทแล้วกลั้วด้วยน้ำกลั่น กลั้วอีกครั้งด้วยสารละลายที่ต้องการไทเทรต (titrant) โดยเทผ่านกรวยขนาดเล็กโดยใช้มือประคองกรวยให้กระชับกับบิวเรท ให้สารละลายผ่านลงในบิวเรท

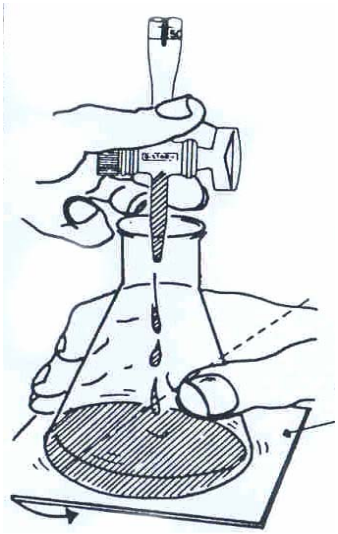


2. ปิด stopcock ของบิวเรทและเติมสารละลายที่ต้องการลงในบิวเรท
3. เปิด stopcock และเขย่าบิวเรทให้ฟองอากาศที่ปลายล่างบิวเรทออกไปเพื่อความแน่นอนของปริมาตรของสารละลายในบิวเรท

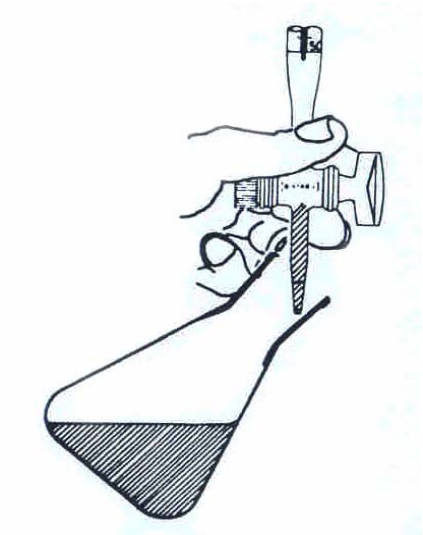


4. ก่อนไทเทรตให้ดูระดับสารละลายโดยมองระดับสายตาให้ตรงกับส่วนโค้งของสารละลาย จดบันทึกจุดปริมาตรเริ่มต้นของสารละลาย

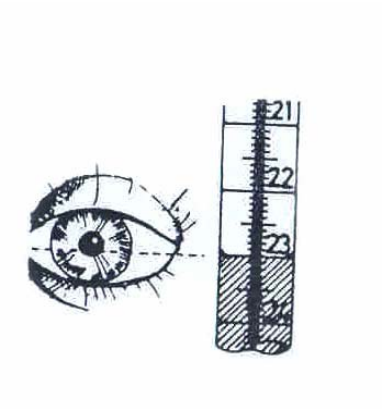
5. เริ่มไทเทรตโดยหมุน stopcock ของบิวเรทด้วยมือซ้าย และเขย่าภาชนะที่รองรับด้วยมือขวาสังเกตสีที่ถึงจุดยุติของสารละลาย



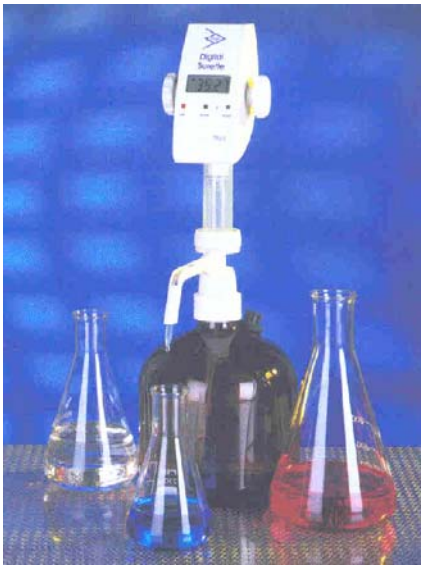
6. แตะหยดสุดท้ายจากบิวเรทที่ด้านข้างในของภาชนะตามรูป เขย่าภาชนะอีกครั้งเพื่อให้ผสมกันมากที่สุด



7. เมื่อสารละลายในภาชนะเริ่มเปลี่ยนสีและสีคงที่ภายใน 30 วินาที ก็ถึงจุดยุติ
8. ให้อ่านขีดปริมาตรสุดท้ายตรงส่วนโค้งของสารละลายตามรูป



ให้หักลบปริมาตรสุดท้ายและปริมาตรเริ่มต้นจะรู้จำนวนสารละลายที่ใช้ไทเทรตสารละลายตัวอย่าง



ภาพที่ 1.3 Burettes แบบต่าง ๆ

บทปฏิบัติการที่ 2
การใช้เครื่องชั่ง
(How to Use Weighing Balance)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อให้ผู้ทดลองรู้จักการใช้และการบำรุงรักษาเครื่องชั่งวิเคราะห์ได้ถูกต้อง เนื่องจากเครื่องชั่งมีความสำคัญมากสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหาร
2. เพื่อเรียนรู้การปรับเครื่องชั่งให้มีประสิทธิภาพสูง

หลักการ

การชั่งสารทั่วๆไปมี 2 วิธี คือ

1. การชั่งโดยอาศัยความแตกต่าง (Weighing by difference)

โดยเติมสารตัวอย่างที่มีจำนวนมากเกินพอใส่ในขวดชั่ง ซึ่งปกติจะใช้ขนาด 2.5 x 5.0 เซนติเมตร (กว้าง x สูง) และชั่งน้ำหนักรวมของขวดชั่งและสารตัวอย่าง จดน้ำหนักไว้ แล้วเอียงและเคาะขวดชั่งเพื่อให้สารตัวอย่างในขวดชั่งเทออกสู่ภาชนะรองรับ ชั่งน้ำหนักของขวดชั่งและสารตัวอย่างที่เหลือในขวดชั่งจะได้น้ำหนักที่ถูกต้องของสารตัวอย่างที่อยู่ในภาชนะรองรับ การชั่งชนิดนี้ใช้กับสารที่ไม่ค่อยคงตัว เช่น สูญเสียน้ำผลึกง่าย ดูดความชื้น

2. การชั่งน้ำหนักโดยตรง (Weighing by addition)

เริ่มต้นชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่า เช่น บีกเกอร์ กระดาษชั่งสาร เติมสารตัวอย่างลงในภาชนะตามน้ำหนักที่ ต้องการชั่งน้ำหนักที่ถูกต้องแน่นอน จดน้ำหนักในสมุดบันทึกการชั่ง ชนิดนี้ใช้กับสารที่มีความคงตัวดี ไม่ระเหยหรือเปลี่ยนรูปง่าย

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
2. ขวดชั่งสารตัวอย่าง

สารเคมี

1. เกลือที่อบแห้ง
2. แป้งมันสำปะหลังที่อบแห้ง

วิธีทดลอง

1. วิธีทดลอง การชั่งโดยอาศัยความแตกต่าง (Weighing by difference)

1.1 ให้ชั่งขวดชั่งที่มีสารตัวอย่างในขวดชั่งประมาณน้ำหนักของสารตัวอย่างมากกว่าที่ต้องการเล็กน้อย

1.2 เคาะสารตัวอย่างออกจากขวดชั่งลงใน ขวดรูปชมพู่ปากกว้างขนาด 500 มิลลิกรัม กำหนดน้ำหนักให้ชั่งได้ ± 10 % เช่น ถ้าต้องการชั่งน้ำหนัก 2.0000 กรัม ก็สามารถชั่งน้ำหนักของสารตัวอย่างระหว่าง 1.8000 ± 2.2000 กรัม ชั่งน้ำหนักขวดชั่งที่มีสารตัวอย่างที่เหลือ

1.3 คำนวณน้ำหนักของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณผลต่างของการชั่งสารสองครั้ง

1.4 จดน้ำหนักที่แน่นอนลงในสมุดบันทึก

1.5 ค่าน้ำหนักที่บันทึกควรมีเลขนัยสำคัญเท่ากับ 4

2. วิธีการชั่งน้ำหนักโดยตรง (Weighing by addition)

2.1 ชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่า (บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร) น้ำหนักแน่นอน

2.2 เติมสารตัวอย่างประมาณให้ใกล้เคียงกับน้ำหนักที่ต้องการ (น้ำหนักแน่นอน) ลงในบีกเกอร์นั้น เช่น ต้องการชั่ง 2.0000 กรัม ควรประมาณชั่งระหว่าง 1.9000 - 2.1000 กรัม

2.3 จดน้ำหนักที่แน่นอนลงในสมุดบันทึก

2.4 ค่าน้ำหนักที่บันทึกควรมีเลขนัยสำคัญเท่ากับ 4 เช่น 2.3420 กรัม

หมายเหตุ

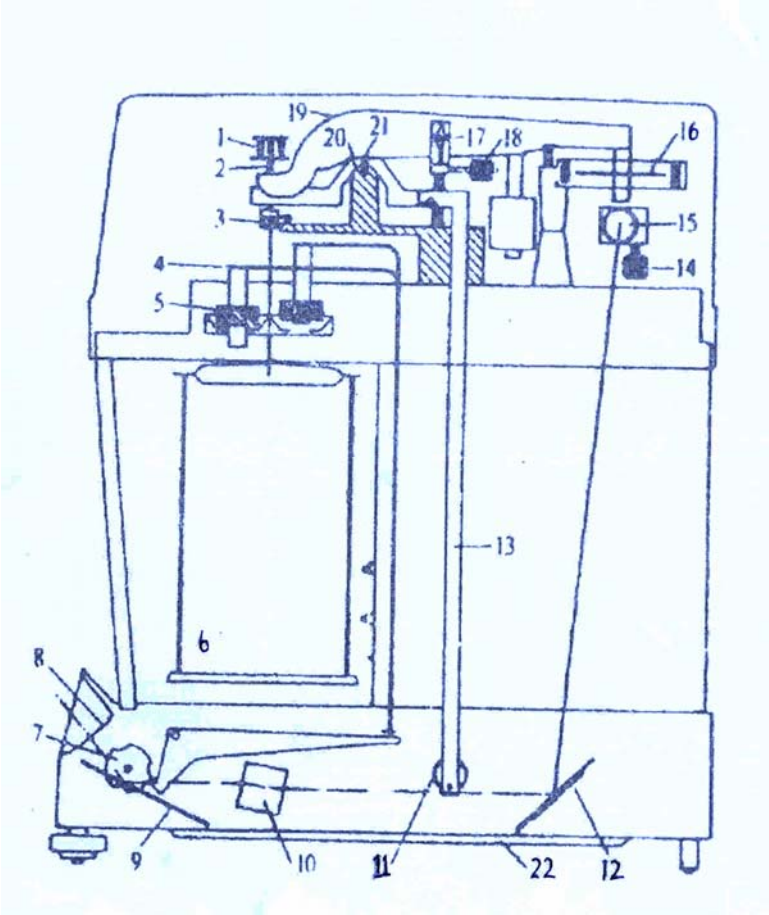
1. ก่อนใช้เครื่องชั่งต้องทำความสะอาดเครื่องชั่งทุกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ที่ไม่มีน้ำเจือปน (anhydrous ethanol) โดยใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์เช็ดส่วนประกอบภายนอกเครื่องชั่ง
2. ในการชั่งสารในขวดชั่ง ถ้าปิดฝาขวดชั่งแน่นอาจจะทำให้อุณหภูมิของอากาศในขวดชั่งและรอบ ๆขวดชั่งไม่เท่ากัน ก่อนปิดขวดชั่งควรปล่อยให้อากาศข้างนอกและข้างในขวดชั่งอยู่ในสมดุลก่อน

ภาพที่ 2.1 เครื่องชั่งวิเคราะห์ละเอียด

ภาพที่ 2.2 เครื่องชั่งแบบจานเดียว

ภาพที่ 2.3 ภาชนะชั่งสารตัวอย่าง

ภาพที่ 2.4 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน



ภาพที่ 2.5 เครื่องชั่ง

ส่วนประกอบภายนอกและภายในของเครื่องชั่ง

1. ชุดแขวนจานชั่งและน้ำหนัก (compensating stirrup)
2. คมมีดหน้า (front knife edge)
3. เครื่องช่วยหยุดจานชั่ง (Pan brake) สำหรับทำให้จานชั่งหยุดแกว่งเร็วขึ้น
4. ที่รองรับตุ้มน้ำหนัก (weight carriage) แกนโลหะสำหรับยกตุ้มน้ำหนักขึ้นหรือลง
5. จุดตุ้มน้ำหนัก (built in weight) เป็นแท่งโลหะทำด้วย non-magnetic stainless steel
6. จานชั่ง
7. กลไกควบคุมการปรับตุ้มน้ำหนัก (weight control mechanism)
8. ช่วงหน้าต่างที่มีตัวเลขน้ำหนัก
9. ชิ้นส่วนต่าง ๆที่ช่วยในการสะท้อนภาพสเกลจากแผ่นสเกลน้ำหนักย่อยมายังช่วงหน้าต่าง

10. แกนโลหะสำหรับรองรับคาน
11. ปุ่มปรับโฟกัส
12. สเกลบนช่องแสง
13. เครื่องช่วยให้คานหยุดแกว่ง
14. ตุ้มน้ำหนักปรับความไว
15. ตุ้มน้ำหนักปรับจุดศูนย์
16. คานชั่ง
17. แท่นรองรับคมมีดหลัก (main bearing)
18. คมมีดหลัก (main knife edge)
19. ปุ่มปรับกระแสไฟ (voltage selector)
20. จุดบอกระดับ (spirit level) เป็นจุดบ่งชี้ว่าเครื่องชั่งอยู่ในแนวระดับหรือไม่ ลักษณะเป็นฟองอากาศที่เกิดจากการบรรจุของเหลวใสภายในไม่เต็ม ถ้าเครื่องชั่งตั้งอยู่ในแนวระดับฟองอากาศจะอยู่ตรงกลางของวงกลมพอดี ถ้าฟองอากาศไม่ตรงกลาง (ไม่อยู่ในแนวระดับ) ต้องปรับที่สกรูปรับระดับ
21. สกรูปรับระดับ (leveling screw) เป็นขาเครื่องชั่งที่ปรับความสูงต่ำได้
22. ปุ่มปลดคาน (Arrestment screw) เป็นปรับให้เครื่องชั่งอยู่ตำแหน่งพัก (arrest) ตำแหน่งปลดครึ่งหนึ่ง (half release) หรือตำแหน่งปลดเต็มที่ (full release)
23. ปุ่มสำหรับปรับละเอียดให้เครื่องชั่งอ่านได้ศูนย์
24. ปุ่มสำหรับปรับตัวเลขน้ำหนักทศนิยมที่ 3 และ 4
25. ตุ้มน้ำหนักสำหรับถ่วง

กฎการใช้และการรักษาเครื่องชั่ง

1. ก่อนเปิดเครื่องชั่งประตูเครื่องชั่งต้องปิดสนิท และจานชั่งต้องไม่แตะด้านใดด้านหนึ่งของเครื่องชั่ง

2. เครื่องชั่งต้องตั้งไว้ในสถานที่ที่เหมาะสม ปราศจากแรงสั่นสะเทือน ปราศจากกระแสลม ปราศจากความร้อนที่แผ่กระจายเข้ามา ปราศจากฝุ่นละออง ไอกรด หรือสารเคมีต่างๆ เครื่องชั่งควรตั้งไว้บนโต๊ะหินหรือโต๊ะที่แข็งแรงป้องกันการสั่นสะเทือนได้ และเครื่องชั่งต้องวางอยู่ในระนาบ ซึ่งสามารถปรับได้ด้วยสกรูปรับระดับ

3. เมื่อไม่ใช้งานเครื่องชั่ง คานชั่งจะต้องยกขึ้นจากแท่นรองรับคมมีด ประตูตู้เครื่องชั่งปิดสนิท และไม่มีวัตถุใดๆ ทิ้งไว้ในเครื่องชั่ง หน้าปัดของเครื่องชั่งปรับตัวเลขให้เป็นศูนย์หมด และคลุมเครื่องชั่งด้วยพลาสติกและถอดสวิทช์ไฟ

4. ต้องทำความสะอาดเครื่องชั่งก่อนและหลังการใช้ โดยทำความสะอาดจานชั่งพื้นตู้เครื่องชั่งและโต๊ะปฏิบัติการรอบเครื่องชั่ง

5. ตรวจสอบสิ่งเหล่านี้ ก่อนการชั่งทุกครั้ง

5.1 ระดับระนาบของเครื่องชั่ง โดยดูจากเครื่องบอกระดับ

5.2 กลไกสำหรับปลดคานชั่งและกลไกสำหรับหยุดคานชั่งว่าคานนั้นแกว่งโดยอิสระดีหรือไม่

5.3 ตรวจสอบจุดศูนย์ของเครื่องชั่ง เมื่อไม่มีวัตถุใดๆ บนจานชั่ง เมื่อปลดคานชั่งน้ำหนักจะอ่านได้ 0.0000 g. หากไม่สามารถอ่านน้ำหนักได้ดังกล่าว จะปรับด้วยปุ่มปรับศูนย์

หากพบสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น จะต้องหาสาเหตุและแก้ไขให้ใช้งานได้ต่อไป

สำหรับนักศึกษาที่ยังไม่มีความชำนาญพอ อย่าพยายามปรับหรือแก้ไขด้วยตนเอง ให้ปรึกษาอาจารย์ที่ควบคุมปฏิบัติการ

6. การชั่งสารเคมีหรือของเหลว ต้องมีภาชนะที่เหมาะสม เช่น บีกเกอร์ ขวดชั่ง กระจกนาฬิกา รองรับเสมอ และภาชนะที่จะชั่งต้องวางอยู่กลางจานเสมอ

7. ห้ามชั่งวัตถุที่มีอุณหภูมิสูง ควรปล่อยให้วัตถุเย็นเท่าอุณหภูมิห้องเสียก่อนจึงชั่ง

8. เมื่อทำสารเคมีหกหรือตกบนจานชั่งในหรือนอกตู้เครื่องชั่ง จะต้องหยุดการชั่งและทำความสะอาดทันที

9. ต้องไม่ชั่งน้ำหนักวัตถุที่มีน้ำหนักเกินความจุของเครื่องชั่ง

10. การใช้ปุ่มปรับน้ำหนักหรือการปลดคานหรือหยุดคานชั่ง ควรจะทำอย่างประณีตและระมัดระวัง

ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน คือชิ้นวัตถุมาตรฐานที่ทำขึ้นให้มีน้ำหนักตามขนาดต่างๆ โดยจะมีขนาดที่กำหนดหรือค่าที่ระบุเป็นตัวเลขจำนวนเต็มเช่น 1 Kg., 100 g., 50 mg. เป็นต้น

คุณลักษณะของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

1. มีมวลคงที่ในขอบเขตที่กำหนด
2. มีรูปทรงและขนาดตามที่กำหนด
3. ทำจากโลหะไม่เป็นสนิมและไม่เป็นสารแม่เหล็ก
4. ผิวเรียบเพื่อทำความสะอาดง่ายและไม่เป็นที่กักเก็บฝุ่น
5. ลักษณะแข็งไม่เป็นรอยง่าย
6. ความหนาแน่นของวัสดุเป็นไปตามมาตรฐาน

บทปฏิบัติการที่ 3
การเตรียมและการใช้สารละลายทำความสะอาดเครื่องแก้ว

หลักการ เนื่องจากโซเดียมหรือโปแตสเซียมไดโครเมตเป็น oxidising agent ที่แรงซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารปนเปื้อนต่างๆ ซึ่งทำความสะอาดยาก เช่น ตะกอนที่แห้งกรัง ไขมัน หรือสิ่งสกปรกที่ติดด้านในภาชนะซึ่งยากจะทำความสะอาด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดแก้วสีน้ำตาลทึบแสง
2. บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

สารเคมี

1. โซเดียมไดโครเมต หรือ โปแตสเซียมไดโครเมต (เกรดอุตสาหกรรม)
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (เกรดอุตสาหกรรม)

วิธีเตรียม

1. ชั่งโซเดียมไดโครเมต 80-100 กรัม ละลายน้ำ 450 มิลลิลิตร
2. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 80 มิลลิลิตร ช้าๆจนได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม ถ้าละลายไม่หมดสามารถเติมกรดซัลฟิวริกเพิ่มได้อีกแต่ต้องระวังจะเกิดความร้อนสูง ซึ่งควรใช้น้ำเย็นหล่อเพื่อระบายความร้อนแล้วเก็บในขวดสีน้ำตาลทึบแสง
3. หลังจากใช้ครั้งแรกแล้วนำมาเก็บในขวดแก้วสีน้ำตาลทึบแสงมีฝาปิดสนิท ซึ่งสามารถใช้ในครั้งต่อไปอีกหลายครั้งจนเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวของเกลือโครมิกแสดงว่าเสื่อมคุณภาพ

วิธีทดลอง

1. ทำความสะอาดเครื่องแก้วด้วยสารละลายทำความสะอาดเครื่องแก้วโดยอุ่นสารละลายนี้ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 นาที ก่อนใช้
2. หลังจากแช่เครื่องแก้วด้วยสารละลายทำความสะอาดเครื่องแก้ว ประมาณ 30 นาที (เทออกรวมไว้ในขวด 'USED' เพื่อใช้ล้างเครื่องแก้วชุดอื่น) แล้วล้างด้วยน้ำประปาจนสะอาดและ rinse ด้วยน้ำกลั่น

น้ำยาล้างเครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ (Cleaning Solution for Glassware)

เลือกใช้ตามชนิดของสารปนเปื้อน

1. สารละลายโซเดียมไดโครเมตและกรดซัลฟูริก
   สารละลายอิ่มตัวโปแตสเซียมไดโครเมต และสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1:1
   สารละลายผสมของ 7% โซเดียมไดโครเมต 7% กับ โปแตสเซียมไดโครเมต 0.5%
2. กรดไนตริก 50 %
3. Alcoholic KOH โดยละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 105 กรัม ในน้ำ 120 มิลลิลิตร เติมแอลกอฮอล์ 95% เขย่าให้ละลายหมด สารละลายนี้ใช้ล้างไขมันได้ดี ห้ามแช่ในเครื่องแก้วเกิน 10 นาที เพราะจะกัดแก้ว ทำให้เครื่องแก้วเกิดความเสียหาย
4. ด่างทับทิม (potassium permanganate 3% : sodium hydroxide 1 โมลาร์ = 1:1)
5. Teepol : สารละลาย Teepol 10%
6. Decon 90 : ล้างเครื่องแก้วที่ปนเปื้อน สารกัมมันตภาพรังสี (radioactive substance)

บทปฏิบัติการที่ 4
การเตรียมและหามาตรฐานความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก
(Standardization of Sulphuric acid)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการใช้สารมาตรฐานไว้วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการรู้ความเข้มข้นที่ถูกต้อง
2. เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมสารละลายวิเคราะห์หาความมาตรฐาน

หลักการ เมื่อต้องการหาความเข้มข้นของสารละลายต้องนำมา standardization กับสารมาตรฐานและคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่ไทเทรตได้

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
2. บิวเรต
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
4. ตู้อบสารมาตรฐาน
5. ขวดชั่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (เกรดวิเคราะห์)
2. โซเดียมคาร์บอเนต (เกรดวิเคราะห์)

คุณสมบัติของสารมาตรฐาน

1. ต้องมีความบริสุทธิ์ 100 % หรือต้องรู้ความบริสุทธิ์ของสารมาตรฐาน
2. ถ้ามีสารอื่นเจือปนเล็กน้อยต้องเป็นสารเฉื่อย
3. ต้องเป็นสารที่ไม่ดูดความชื้น
4. ต้องคงที่เมื่ออบที่อุณหภูมิสูง

5. มีน้ำหนักโมเลกุลสูง
6. เกิดปฏิกิริยารวดเร็ว

การเตรียมกรดซัลฟิวริก 0.1 นอร์มัล

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.70 มิลลิลิตร ลงในน้ำ 550 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ คนเบาๆ ให้ผสมกัน แล้วเทใส่ขวดแก้วสีน้ำตาลป้องกันแสงและปิดฉลาก

วิธีทดลอง

การวิเคราะห์มาตรฐาน กรดซัลฟิวริก 0.1 นอร์มัล

1. ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต (เกรดวิเคราะห์) ประมาณ 0.15 กรัม (น้ำหนักแน่นอน ซึ่งมีเลขนัยสำคัญอย่างน้อย 4-9 ตำแหน่ง) (ซึ่งโซเดียมคาร์บอเนต ต้องผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 270 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง)
2. ใส่โซเดียมคาร์บอเนตลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือปริมาณที่เหมาะสมกับภาชนะที่จะใช้ไทเทรต เขย่าให้ละลาย หยดอินดิเคเตอร์ ในที่นี้ใช้ Methyl orange 2 หยด ไทเทรตด้วย กรดซัลฟิวริก 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีชมพูอมส้มซึ่งเป็นจุดยุติ
   ถ้าใช้ Methyl red เป็นอินดิเคเตอร์ หลังจากถึงจุดยุติครั้งแรกต้องนำสารละลายไปต้ม สีที่ถึงจุดยุติจะหายไป ให้นำมาไทเทรตต่อ และเมื่อถึงยุติครั้งที่สองต้องนำสารละลายไปต้ม สีที่ถึงจุดยุติจะหายไป ให้นำมาไทเทรตต่อ จนกระทั่งสีคงที่แม้เมื่อนำไปให้ความร้อนใหม่สีก็ยังอยู่ จดปริมาตรรวมของกรดซัลฟิวริกทุกครั้งที่มีการไทเทรต
   (สารไร้สิ่งตัวอย่าง ใช้วิธีเดียวกันโดยไม่มีโซเดียมคาร์บอเนต)

วิธีคำนวณ

จำนวนกรัมสมมูลของกรดซัลฟิวริก = จำนวนกรัมสมมูลของโซเดียมคาร์บอเนต

นอร์มัลลิตีของกรดซัลฟิวริก =

$$\frac{\text{น้ำหนัก } Na_2CO_3 \text{ (g)} \times 1000}{\text{น้ำหนักสมมูลย์ } Na_2CO_3 \times \text{ ปริมาตรของ สารละลายที ไทเทรต}}$$

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์มาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.1 นอร์มัล

รายการ	A	B
น้ำหนักขวดชั่ง + โซเดียมคาร์บอเนต (กรัม)		
น้ำหนักขวดชั่ง + โซเดียมคาร์บอเนต (กรัม) ที่เหลือ		
น้ำหนัก โซเดียมคาร์บอเนต (กรัม) ที่ใช้ในการวิเคราะห์		
ปริมาตรกรดซัลฟิวริก (มิลลิลิตร) ที่ใช้ในการวิเคราะห์		
ปริมาตรกรดซัลฟิวริก (มิลลิลิตร) ที่ใช้กับ สารไร้สิ่งตัวอย่าง (Blank)		
ปริมาตรสุทธิของกรดซัลฟิวริก (มิลลิลิตร)		
นอร์มัลลิตีของ กรดซัลฟิวริก		
ค่าเฉลี่ย		

การเตรียมกรดซัลฟุริก 0.1 N จากกรดซัลฟุริกเข้มข้น
ที่มี ถพ. = 1.84 เนื้อกรด 98%
สูตร

$$V = \frac{CxMWx100}{\%w/wxsp.gr\ .}$$

$$V = \frac{0.1x98x100}{98x1.84}$$

V = 5.44 มิลลิลิตร

เมื่อคำนวณได้ปริมาตรของกรดซัลฟุริก 5.44 มิลลิลิตร ปิเปตลงในภาชนะที่จะเตรียมกรด เติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร

บทปฏิบัติการที่ 5

การหามาตรฐานความเข้มข้นของ 0.1 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์

(Standardization of 0.1 N Sodium Hydroxide)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการหาความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานขั้นที่สองต่อไป

2. เพื่อศึกษาวิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

หลักการ สารละลายที่เตรียมขึ้นสามารถใช้เป็นสารมาตรฐานขั้นสองได้โดยการสแตนดาร์ดไดซ์ กับสารมาตรฐานขั้นหนึ่งซึ่งเตรียมจากสารที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีคุณสมบัติเป็นสารมาตรฐานขั้นหนึ่ง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
2. บิวเรต
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
4. ตู้อบสารมาตรฐาน
5. ขวดชั่ง

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, BP grade หรือ commercial grade) น้ำหนักโมเลกุล = 40
2. โปแตสเซียมไฮโดรเจนฟาสทาเลส (KHP, AR grade) น้ำหนักโมเลกุล = 204.22

การเตรียม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

เตรียมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์โดยต้มเดือด ทิ้งให้เย็น

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นจากข้อ 1 จนครบ 1 ลิตร เก็บในขวด Polyethylene ที่ปิดสนิท

วิธีทดลอง

การวิเคราะห์หามาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

1. ชั่งโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟาสทาเลส (KHP, AR grade) ประมาณ 0.4 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ซึ่งอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง (dessicator)
2. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 100 มิลลิลิตร เติมฟีนอนทาลีน 2 หยด เขย่าให้ละลาย
3. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติได้สารละลายสีชมพูอ่อน จุดยุตินี้มี pH ประมาณ 8-10
4. จดบันทึกข้อมูลและหาค่าเฉลี่ย (สารไร้สิ่งตัวอย่างใช้วิธีเดียวกันโดยไม่มี โปแตสเซียมไฮโดรเจนฟาสทาเลส)

วิธีคำนวณ

จำนวนกรัมสมมูลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ = จำนวนกรัมสมมูลของโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟาสทาเลส

นอร์มัลลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ =

$$\frac{\text{น้ำหนัก KHP (g)} \times 1000}{\text{น้ำหนักสมมูลย์ KHP} \times \text{ปริมาตรของสารละลายที่ไทเทรต}}$$

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์สารมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

รายการ	A	B
น้ำหนักขวดชั่ง + น้ำหนัก KHP (กรัม)		
น้ำหนักขวดชั่ง + น้ำหนัก KHP (กรัม) ที่เหลือ		
น้ำหนัก KHP (กรัม) ที่ใช้ในการวิเคราะห์		
ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร) ที่ใช้ในการวิเคราะห์		
ปริมาตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร) ที่ใช้กับสารไร้สิ่งตัวอย่าง		
ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์สุทธิ (มิลลิลิตร)		
นอร์มัลลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์		
ค่าเฉลี่ย		

ในห้องปฏิบัติการนิยมที่จะหาความเข้มข้นของสารละลายจากสารละลายทุติยภูมิ โดยที่สารละลายเมื่อนำมาหาความเข้มข้นกับสารมาตรฐานปฐมภูมิโดยการไทเทรต สารละลายนั้นจะมีความเข้มข้นแน่นอนสามารถนำไปเปรียบเทียบกับสารละลายใหม่ที่ต้องการรู้ความเข้มข้น เป็นการลดเวลาการทำงานและลดค่าใช้จ่ายมาก เนื่องจากสารปฐมภูมิราคาค่อนข้างสูงเพราะมีความบริสุทธิ์สูงและต้องนำมาเตรียมก่อนใช้

บทปฏิบัติการที่ 6
การวิเคราะห์สารละลายโดยสารมาตรฐานทุติยภูมิ
(Standardization of Solution by Secondary Standard)

วัตถุประสงค์ เพื่อเรียนรู้วิธีวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมขึ้นใหม่โดยเทียบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ

หลักการ เมื่อต้องการวิเคราะห์สารละลายประเภทกรดและด่างที่เตรียมขึ้นใหม่ซึ่งสามารถทำการสแตนดาร์ดไดซ์กับสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ โดยการสแตนดาร์ดไดซ์กับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิและต้องวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารละลายสม่ำเสมอ

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
2. บิวเรต
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
4. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
5. ขวดชั่ง
6. อินดิเคเตอร์

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมสารเคมี

1. **สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N** เตรียมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์โดยต้มเดือด ทิ้งให้เย็น ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร เก็บในขวด Polyethylene ที่ปิดสนิทเตรียมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์โดยต้มเดือด ทิ้งให้เย็น

2. **สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 N** เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.0 มิลลิลิตร ลงในน้ำ 550 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ คนเบาๆ ให้ผสมกัน แล้วเทใส่ขวดแก้วสีน้ำตาลป้องกันแสงและปิดฉลากระบุความเข้มข้นที่ถูกต้องเพื่อป้องกันความผิดพลาด

วิธีทดลอง

สมมุติค่าความเข้มข้นของสารละลายกรดชนิดหนึ่ง = 1.2008 นอร์มัล

1. ปิเปตสารละลายด่างตัวอย่างที่ต้องการรู้ความเข้มข้นมา 25.0 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 100 มิลลิลิตร และเติมเมธิลออเรนท์ อินดิเคเตอร์ ลงไป 2 หยด
3. เติมสารละลายกรดความเข้มข้น 1.2008 นอร์มัล ลงในบิวเรตต์
4. ไทเทรตสารละลายจนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมส้ม (salmon pink)
5. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

$N \times V = \text{No. of meq.}$

$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

N_1 คือ นอร์แมลิตี ของสารละลายชนิดที่ 1 ที่รู้ค่าความเข้มข้น สมมุติ = 1.2008 นอร์มัล

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายชนิดที่ 1 = 24.50 มิลลิลิตร

N_2 คือ นอร์มัลลิตีของสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นใหม่ = Y

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นใหม่ = 25.00 มิลลิลิตร

แทนค่าในสูตร

$1.2008 \times 24.50 = Y \times 25.00$

$$Y = \frac{1.2008}{25.00} \times 24.50$$

$Y = 1.1768$

ดังนั้น สารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้น 1.1768 นอร์มัล

บทปฏิบัติการที่ 7
การวิเคราะห์ความชื้นในอาหาร
(Determination of Moisture Content)

วัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของอาหารชนิดต่างๆ

หลักการ ปริมาณน้ำในอาหารเป็นตัวชี้บ่งถึงคุณภาพของอาหาร ถ้าอาหารที่มีน้ำมากจะเสียง่าย วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในอาหารให้ถูกต้องค่อนข้างยาก เนื่องจากน้ำที่มีอยู่ในสารอาหารจะอยู่ในรูปรวมกับอาหาร และ รูปอิสระ การหาความชื้น ในตัวอย่างอาหารโดยวิธีการระเหยน้ำออกไป ซึ่งวิธีนี้จะทำให้อาหารแห้งจนได้น้ำหนักคงที่โดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยกเว้นอาหารที่มีน้ำตาลหรือไขมันสูงจะใช้ตู้อบแบบสุญญากาศ (Vacuum oven)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. ตู้อบแบบสุญญากาศ (Vacuum oven)
3. เครื่องอินฟาเรด
4. ภาชนะสำหรับอบสารตัวอย่าง (Moisture can)

สารเคมี

1. ทรายละเอียด

การเตรียมสารเคมี

ทรายละเอียดควรใช้ทรายที่มีเม็ดละเอียดนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยอะซีโตน และนำไปอบแห้งก่อนใช้ เมื่อจะนำมาผสมกับสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวเพื่อหาความชื้นต้องชั่งน้ำหนักที่มีค่าแน่นอนเพื่อป้องกันความผิดพลาด

วิธีทดลอง

ก. การหาความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

1. อบขวดชั่งแก้วหรือภาชนะที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้นในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ทำให้เย็นในโถทำแห้ง (dessicator) แล้วชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักแน่นอน) เป็น A_1
2. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2.0 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ในขวดชั่งจดน้ำหนักเป็น A
3. นำขวดชั่งที่มีตัวอย่างอาหารไปอบโดยเปิดฝาออกที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบปิดฝาทันทีใส่ในโถทำแห้ง รอจนเย็นชั่งน้ำหนักอีกครั้ง A_2 และอบใหม่จนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างการชั่งสองครั้งมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัม)

ข. การหาความชื้นโดยวิธีอินฟาเรด

เป็นวิธีวิเคราะห์ความชื้นที่รวดเร็วโดยใช้เครื่องอินฟาเรด นิยมใช้กับพืชไร่ที่มีขนาดเล็ก เช่น ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น

1. โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 3-5 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ Moisture} = \frac{A - A_2}{A - A_1} \times 100$$

ค. การหาความชื้นโดยวิธีสุญญากาศ

วิธีวิเคราะห์นี้นิยมใช้กับสารตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำตาลสูง หรือสารตัวอย่างที่เป็นของเหลว และมีอุปกรณ์ช่วยวิเคราะห์คือทรายละเอียดที่ผ่านการเตรียมอย่างถูกต้องก่อนไปผสมกับตัวอย่าง ดังนั้นถ้าจะวิเคราะห์ความชื้นด้วยวิธีนี้ต้องมีการเตรียมตัวอย่าง 1-2 วัน

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์ความชื้น

รายการ	**A**	**B**
น้ำหนักขวดชั่งเปล่า (กรัม) W_1		
น้ำหนักขวดชั่ง + น้ำหนักสารตัวอย่าง (กรัม) W_2		
น้ำหนักสารตัวอย่าง $W_2 - W_1$		
น้ำหนักขวดชั่ง + สารตัวอย่าง ชั่งครั้งที่ 1 W_3		
น้ำหนักขวดชั่ง + สารตัวอย่าง ชั่งครั้งที่ 2		
น้ำหนักขวดชั่ง + สารตัวอย่าง ชั่งครั้งที่ 3		
น้ำหนักที่หายไป		
% ความชื้นของสารตัวอย่าง		

ภาพที่ 7.1 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Hot Air Oven)

ภาพที่ 7.2 เครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอินฟาเรด

บทปฏิบัติการที่ 8
การวิเคราะห์เถ้า
(Ashing Determination)

วัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ในอาหาร

หลักการ เถ้าหรือเกลือแร่ (ash or mineral matters) เป็นสิ่งที่เหลืออยู่จากการเผาไหม้ตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้องค์ประกอบส่วนที่เป็นสารอินทรีย์เผาไหม้หมดไปในระหว่าง กระบวนการให้ความร้อนแร่ธาตุต่าง ๆที่มีอยู่จะทำปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบและบางส่วนก็ระเหยไป แร่ธาตุต่าง ๆในอาหารจะมีปริมาณน้อยแต่มีความสำคัญต่อร่างกาย

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. เตาไฟฟ้า (hot plate)
3. ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)

สารเคมี

1. น้ำกรองสำหรับแยกเถ้าที่อัดกันแน่น

วิธีทดลอง

1. นำภาชนะที่จะใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยมากใช้ Crucible หรือ Platinum dish ใส่ในเตาเผา (Muffle furnace) ประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในโถทำแห้ง (Dessicator) ชั่งน้ำหนัก (W)
2. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 2.0 กรัม (น้ำหนักที่แน่นอน) ควรชั่งด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียด ใส่ตัวอย่างใน Crucible (W_1) นำไปเผาบนเตาเผาไฟฟ้าจนหมดควัน

3. นำไปเผาต่อในเตาไฟฟ้าที่ 525-550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาวประมาณ 3 ชั่วโมง
4. ทำให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ถ้าน้ำหนักไม่คงที่ ต้องเผาต่ออีก 1 ชั่วโมง (W_2)
5. ถ้าเถ้าที่ได้ยังไม่ขาว ให้หยดน้ำลงเล็กน้อยแล้วนำไปเผาในเตาเผาต่อไปอีก 1 ชั่วโมง
6. นำ crucible ที่ออกจากเตาเผาไว้ใน dessicator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก

วิธีคำนวณ

$$\textbf{เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าทั้งหมด} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์เถ้า

รายการ	A	B
น้ำหนัก crucible (กรัม) ชั่งครั้งที่ 1 W		
น้ำหนัก crucible (กรัม) ชั่งครั้งที่ 2 W		
น้ำหนัก crucible + น้ำหนักสารตัวอย่าง W_1		
น้ำหนักสารตัวอย่าง W_1 - W		
Crucible + น้ำหนัก ash (ชั่งครั้งที่1) W_2		
Crucible + น้ำหนัก ash (ชั่งครั้งที่2) W_2		
Crucible + น้ำหนัก ash (ชั่งครั้งที่3) W_2		
% ปริมาณเถ้าทั้งหมด		

ภาพที่ 8.1 เตาเผาตัวอย่างอาหาร (muffle furnace)

ภาพที่ 8.2 Crucible

บทปฏิบัติการที่ 9
การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธีโมโจเนียร์
(Determination of Fat by Mojonier Method)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในอาหาร
2. ศึกษาการสกัดไขมันจากอาหารชนิดต่างๆ

หลักการ ไขมันมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากทำให้อาหารมีรสชาติดี ถ้าอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงจะมีรสชาติอร่อยกว่าอาหารที่มีไขมันต่ำแต่อาหารที่มีไขมันสูงก็มีโทษแก่ร่างกายไขมันเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายทั่วไป เช่น Petroleum ether, Benzene, Chloroform ไขมันประกอบด้วย Glyceride ของ Fatty acid Ester ของ Fatty acid กับ Higher alcohol Phosphate และ Cereboside และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการ Hydrolyse ของ Fatty acid และ Sterol higher alcohol, Hydrocarbon สารประกอบไขมันมีสถานะไม่แน่นอน การสกัดไขมันโดยตรงจะละลายสารเหล่านี้ออกหมด แต่การสกัดภายหลังการ Hydrolyse ด้วยกรดจะละลายเฉพาะส่วนที่เป็นไขมันเท่านั้น

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดอุปกรณ์ Mojonier
2. เครื่องอังไอน้ำ (Water bath)

สารเคมี

1. Hydrochloric acid concentrate
2. Alcohol
3. Diethyl ether
4. Petroleum ether

วิธีเตรียมสารเคมี

Diethyl ether : Petroleum ether 25+25 โดยตวง Diethyl ether 25 มิลลิลิตร และ Petroleum ether 25 มิลลิลิตร แล้วนำมาผสมกันก่อนใช้

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.0-1.5 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่แอลกอฮอล์ 95 % ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเครื่องอังน้ำ 20 นาที ถ่ายใส่หลอด Mojonnier แล้วกลั้วหลอด (rinse) ด้วยน้ำอุ่นเล็กน้อย เติมแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาณ 10 มิลลิลิตร (ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างติดกันแน่น เช่นแผ่นขนมปัง)
2. สกัดด้วย Diethyl ether Petroleum ether 25+25, 20+20, 10+10 สกัดแต่ละครั้งทิ้งไว้ 30 นาที จนแยกชั้น รินของเหลงใส่ในขวดก้นกลมฐานแบน (flat round bottom flask) นำไประเหยแห้งบนเครื่องอังไอน้ำ
3. ทำการสกัดอีก 2 ครั้งโดยใช้ Diethyl ether และ Petroleum ether อย่างละ 15 มิลลิลิตร
4. อบแห้งใน Oven ชั่งน้ำหนักภาชนะ+ fat (W_1)
5. เติม Diethyl ether และ Petroleum ether ลงในขวดแก้วทรงกลมก้นแบนใบเดิมเอียงขวดแก้วไว้ 10 นาที เพื่อให้ละลายให้หมดพยายามให้ละลาย residue ในขวดแก้วจนหมด เท Solvent ในขวด 'used solvent'
6. อบแห้งชั่งน้ำหนักขวดแก้ว (w_2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหาร} = \frac{W_1 - W_2}{\text{น้ำหนักสาร ตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

หมายเหตุ : Petroleum ether มีจุดเดือดสูงกว่า Diethyl ether มาก

W_1 = น้ำหนักภาชนะและตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักภาชนะและเถ้า หน่วยเป็นกรัม

ภาพที่ 9.1 Mojonier Apparatus (ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมันในอาหาร)

ตารางที่ 5 ตารางบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์ ไขมัน
(ใช้ กากตัวอย่างอาหาร จากการวิเคราะห์ความชื้น)

รายการ	A	B
หมายเลข Thimble		
น้ำหนัก Thimble (กรัม)		
น้ำหนัก Thimble (กรัม) + น้ำหนักสารตัวอย่าง		
น้ำหนักสารตัวอย่าง		
น้ำหนัก Beaker		
น้ำหนัก Beaker + ไขมัน		
ไขมัน		
% ไขมันในอาหารตัวอย่าง		

บทปฏิบัติการที่ 10
การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธีเกอร์เบอร์
(Determination of Fat by Gerber method)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในน้ำนมทั่วๆไป เนื่องจากปริมาณไขมันในน้ำนมมีความสำคัญมากเพราะไขมันส่งผลถึงรสชาติของอาหารนั้นๆ
2. เพื่อศึกษาการสกัดไขมันทั้งหมดในอาหารโดยวิธีเกอร์เบอร์

หลักการ วิธีนี้ใช้กรดย่อยไขมันในน้ำนมและสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ใช้เครื่องปั่นแยกไขมันออกจากสารละลายส่วนอื่นที่เจือปนในน้ำนม และวัดปริมาณไขมัน ด้วย butyrometer ซึ่งมีตัวเลขแสดงเปอร์เซ็นต์ของไขมันอยู่ที่ก้านหลอด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดวิเคราะห์ไขมันเกอร์เบอร์
2. เครื่องปั่นแยก

สารเคมี

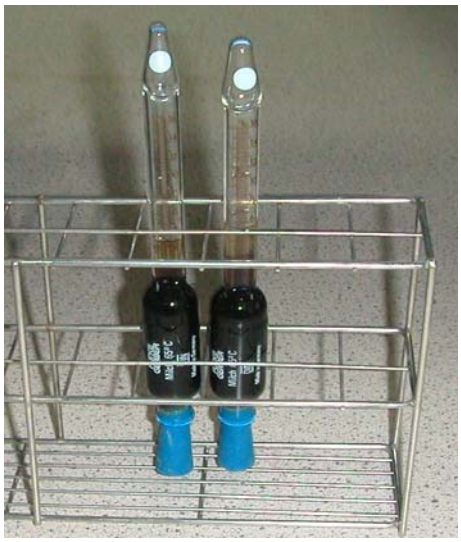
1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. Isoamyl alcohol

วิธีทดลอง

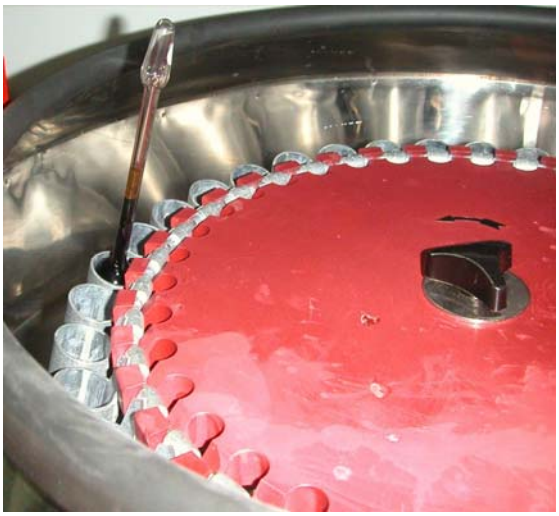
1. ปิเปตน้ำนมที่ต้องการวิเคราะห์ 10.75 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปตเฉพาะที่ใช้กับนมลงใน butyrometer
2. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ลงในสารละลาย
3. เติม Isoamyl alcohol 1 มิลลิลิตร ลงไปปิดจุกเขย่าให้เข้ากันจนกระทั่งนมละลายหมด
4. วาง butyrometer ลงในเครื่องปั่น หันคอขวดเข้าแกนกลางและวางหลอดให้สมดุลโดย

วางเป็นเลขคู่ตรงกันข้าม

5. กดปุ่มทำงาน เครื่องจะปั่นที่ความเร็วรอบ 1,100 รอบ/นาที โดยปั่นนาน 3-4 นาที แล้วแต่จำนวนตัวอย่างที่ปั่น
6. นำหลอดที่ปั่นแล้วแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส
7. อ่านเปอร์เซ็นต์ไขมันบนก้านหลอด
8. คำนวณปริมาณไขมันของสารตัวอย่างเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น



ภาพที่ 10.1 gerber tube สำหรับวิเคราะห์ไขมัน



ภาพที่ 10.2 เครื่องเหวี่ยงสำหรับ gerber tube

บทปฏิบัติการที่ 11
การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยการสกัดไขมันทั้งหมด
(Determination of Fat by Soxhlet Method)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อวิเคราะห์ไขมันจากอาหารชนิดต่างๆ โดยการสกัดไขมันโดยตรง
2. เพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไขมันในอาหารกับวิธีอื่น

หลักการ ไขมันในสารตัวอย่างสามารถวิเคราะห์ได้โดยการสกัด โดยทั่วไปใช้ Diethyl ether หรือ Petroleum ether ในตัวอย่างที่ปราศจากความชื้น ถ้าใช้ตัวทำละลายเป็น Petroleum ether ต้องใช้อุณหภูมิในการสกัดไขมันสูงกว่าใช้ Diethyl ether

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดวิเคราะห์ไขมัน soxhlet
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. เครื่องชั่งละเอียด
4. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. Diethyl ether
2. Petroleum ether

วิธีการทดลอง

การหาปริมาณไขมันโดยเครื่องสกัดไขมันอัตโนมัติ (Soxhlet Extractor)

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่อบแห้งแล้วจากการหาความชื้นประมาณ 2.0000 กรัม (W_1) (น้ำหนักแน่นอน) ใช้กรวยแก้วเทลงใน Thimbles ชนิดกระดาษหรือแก้วก็ได้
2. นำ Extraction Cups ไปอบและชั่งน้ำหนัก (W_2)
3. เติมตัวทำละลายลงใน Extraction Cups ประมาณ 50-75 มิลลิลิตร

4. ใส่ Extraction Cups เข้าไปใน Soxtec Systems HT พร้อมทั้งโยกคันโยกลง
5. เลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง Boiling และสกัดเป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing ทำการ rinsing เป็นเวลา 30-45 นาที
6. ระเหยตัวทำละลาย พร้อมกับปิด Condensors Valve และเปิดสวิทช์ของอากาศ
7. นำ Extraction Cups ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
8. ทำ Extraction Cups ให้เย็นในโถทำแห้ง
9. ชั่งน้ำหนัก (W_3) คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันในสารตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ ไขมันในอาหาร} = \frac{W_2 - W_3}{W_{\text{ส}}} \times 100$$

หมายเหตุ เครื่องมือนี้ใช้วิเคราะห์ไขมันในตัวอย่างที่เป็นของแห้งเท่านั้น

ภาพที่ 11.1 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet Apparatus)

บทปฏิบัติการที่ 12
การวิเคราะห์โปรตีน/ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจลห์ดาล
(Determination of Protein by Kjeldahl method)

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในอาหาร
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหารซึ่งโปรตีนเป็นสารไนโตรเจนซับซ้อนประกอบด้วยสารอินทรีย์ พบในเซลล์ของสัตว์และพืช

หลักการ สารตัวอย่างจะถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยมี Copper sulfate และ Potassium sulfate เป็นตัวเร่งปฏิกริยา เปลี่ยน Organic nitrogen เป็น Ammonium ions เมื่อเติมด่างลงในสารละลายจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย และกลั่นในสารละลายบอริคแอซิด ซึ่งแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับบอริคแอซิด ได้สารละลายมีฤทธิ์เป็นด่าง (Ammonium borate) สารละลายที่ได้จากการกลั่นนำมา ไทเทรตกับกรดซัลฟิวริกเพื่อหา ammonia ที่ถูกดูดซับโดยบอริคแอซิด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน
2. บิวเรต
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดมาตรฐานซัลฟูริก 0.1 N (ที่ standardize จนรู้ค่าที่แน่นอน)
3. คอปเปอร์ซัลเฟต
4. โปแทสเซียมซัลเฟต
5. กรดบอริค 4 %

การเตรียมสารเคมี

1. **กรดบอริค 4%** ชั่งกรดบอริก 4 กรัมละลายในน้ำกรองครบ 100 มิลลิลิตร
2. **โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40%** ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกรองครบ 100 มิลลิลิตร
3. **อินดิเคเตอร์ผสม** (เตรียมจาก 0.1 กรัมของ bromcresol green และ methyl red ซึ่งละลายในแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเมื่ออาหารถูกย่อย

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (oxidising agent)
2. Anhydrous sodium sulphate
3. เร่งปฏิกริยาด้วย catalyst เช่น copper, titanium, selenium หรือ mercury (ซึ่ง 2 ชนิดหลังจะเป็นพิษ) ซึ่งต้องระมัดระวังเวลาที่จะเททิ้งไปสู่สิ่งแวดล้อม

$$N\ (\text{อาหาร}) \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 \qquad (1)$$

Ammonium sulphate เปลี่ยน ammonia โดยต้มกับ sodium hydroxide

$$(NH_4)_2SO_4 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O + 2NH_3 \qquad (2)$$

Ammonia จะทำปฏิกริยากับ บอริคแอซิด

$$2NH_3 + 2H_3BO_3 \longrightarrow 2NH_4H_2BO_3 \qquad (3)$$

ไทเทรต ammonium borate กับสารมาตรฐานกรดซัลฟิวริก

$$2NH_4H_2BO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2H_3BO_3 \qquad (4)$$

$$(3) + (4)\quad 2\ NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

1 mole H_2SO_4 = 2 moles N = 28 g N

1 ml 0.1 M H_2SO_4 = 0.0028 g N

1 ml 0.1 N HCl = 0.0014 g N

Kjeldahl method เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ได้ค่าความเที่ยง (precision) และ reproducibility สูงในการวิเคราะห์โปรตีนในอาหาร แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือไนโตรเจนทั้งหมดไม่ได้อยู่ในรูปโปรตีน และการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นในระดับอุณหภูมิสูง จะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และปรอทที่ใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาก็เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5000-1.0000 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ในขวดชั่ง (A_1) ถ่ายตัวอย่างออกลงในขวดย่อยสาร ชั่งขวดชั่งเปล่าที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว
2. เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2000 กรัม และโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5000 กรัม
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆนำไปตั้งบนเครื่องย่อย ปิดheat shield และสวม Exhaust และเปิด Power
4. ย่อยเป็นเวลา 5 นาที ตั้งอัตราการไหลของอากาศเต็มที่ และย่อยต่ออีก 30 นาที โดยลดอัตราไหลของอากาศลงจนสารละลายใสทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นหลอดละ 10-20 มิลลิลิตร

Distillation

1. วางขวดรูปชมพู่ที่พร้อมที่จะกลั่นเข้าไปที่ตำแหน่งและวางขวดรูปชมพู่รองรับที่มีบอริคแอซิดอยู่ในขวดรูปชมพู่ประมาณ 20 มิลลิลิตร
2. เติม อินดิเคเตอร์ 2 หยด ลงใน สารละลายบอริคแอซิด
3. ปิดหน้าต่างป้องกัน เลื่อนขวดรูปชมพู่ให้ได้ตำแหน่งพอเหมาะที่แท่งแก้วจุ่มใต้บอริคแอซิดพอดี
4. โยกคันโยกสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ลงมา 50 มิลลิลิตร (ปริมาตรต่างต้องมากเกินพอ) สังเกตสารละลายในหลอดย่อยกลายเป็นสีดำ
5. เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น 4-5 นาที เมื่อกลั่นเสร็จปิดไอน้ำ

Titration

นำสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วมาไทเทรตด้วยสารกรดซัลฟิวริก 0.1 นอร์มัล ซึ่งจุดยุติจะเป็นสารละลายสีชมพู

(สารไร้สิ่งตัวอย่างทำเหมือนกันทุกประการตั้งแต่ขั้นแรกแต่ไม่เติมตัวอย่าง)

การคำนวณ

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{0.0014 \times \text{ นอร์มัลลิตีของกรด} \times \text{ปริมาตรกรด} \times 100}{0.1 \times \text{นน.ตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

% โปรตีน = % ไนโตรเจน × Kjeldahl factor

ค่าตัวแปรที่ใช้กับอาหารชนิดต่าง ๆ (Kjeldahl Factors of Various Foods)

ผลิตภัณฑ์นม	=	N x 6.38
ผลิตภัณฑ์ไข่	=	N x 6.68
แป้ง	=	N x 5.70
ข้าวโพด	=	N x 6.25
เจลาติน	=	N x 5.55
เนื้อ	=	N x 6.25

หมายเหตุ

1. ช่วงการย่อยสารตัวอย่างต้องเติมกรดเข้มข้นมากเกินพอ เครื่องดูดควันต้องทำหน้าที่สม่ำเสมอ
2. กรดที่ใช้ไทเทรตหาความเข้มข้นของโปรตีนต้องมีค่าความเข้มข้นที่ถูกต้อง
3. เมื่อจะคำนวณปริมาณโปรตีนต้องใช้ค่า Kjeldahl factor ให้ถูกต้องตามชนิดของอาหาร

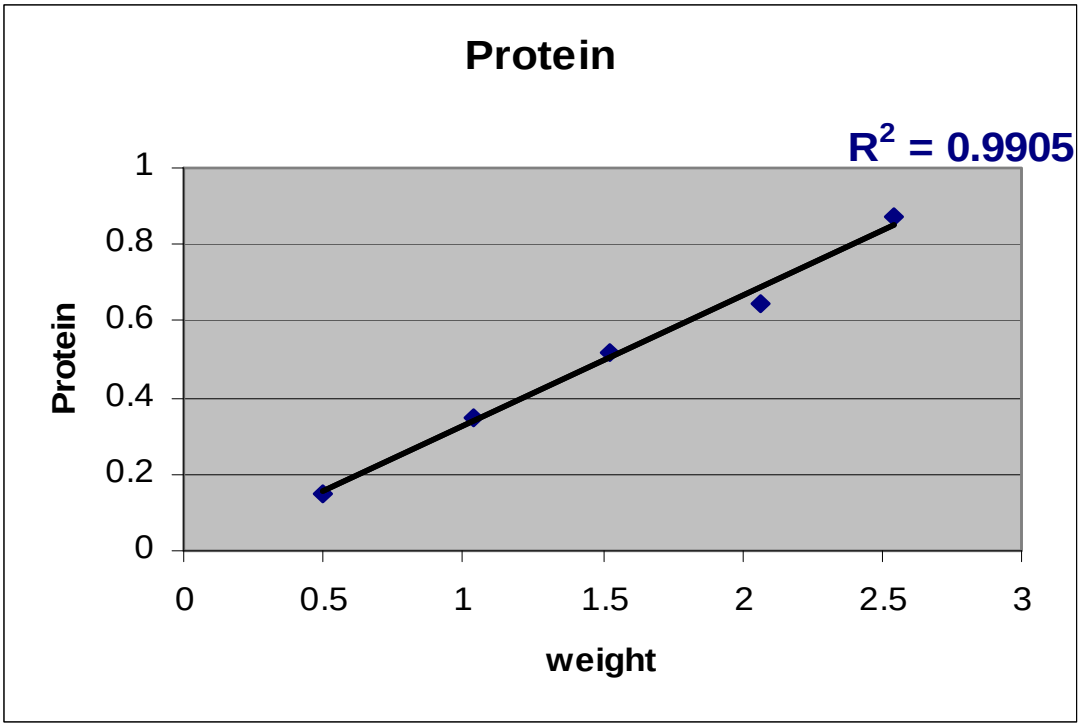
ตารางที่ 6 แบบบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์ โปรตีน

รายการ	A	B
น้ำหนักขวดชั่ง+ น้ำหนักตัวอย่าง W_1		
น้ำหนักขวดชั่ง W_2		
น้ำหนักตัวอย่าง $W_1 - W_2$		
ปริมาตรของ กรดซัลฟิวริก ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร) V_A		
ปริมาตรของ กรดซัลฟิวริก ที่ใช้ไทเทรต สารไร้สิ่งตัวอย่าง (มิลลิลิตร) V_B		
% ไนโตรเจน		
% โปรตีน		
ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย		

ตารางที่ 7 ตารางเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างผักงอกชนิดต่าง ๆ

(created chart by FDA Consumer Magaqine/U.S. Agriculture Department)

ผักงอกดิบ (ปริมาณ 2 ถ้วย)	พลังงาน (คาลอรี่)	โปรตีน (กรัม)	เส้นใยอาหาร %	วิตามินซี	ธาตุเหล็ก	Folate
ถั่วอัลฟัลฟางอก	10	1.3	3	5	2	3
ถั่วเขียวงอก	26	2.5	4	23	4	9
ถั่วเหลืองงอก	86	9.0	3	17	8	90
ข้าวสาลีงอก	214	8.0	4	5	11	10



ตารางที่ 8 ปริมาณโปรตีนในถั่วงอกจำนวนต่าง ๆกัน

น้ำหนักอาหาร (กรัม)	โปรตีน (กรัม)
0.5033	0.1506
1.0365	0.3491
1.5268	0.5202
2.0640	0.6419
2.5458	0.8721

ภาพที่ 12.1 เครื่องย่อยตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โปรตีน

ภาพที่ 12.2 เครื่องกลั่นโปรตีนในอาหาร