

บรรณานุกรม

- กรรณิการ์ ดิษยวงศ์. (2538) การบำบัดน้ำเสียในลำรางสาธารณะภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือโดยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนา. กรุงเทพมหานคร : โครงการวิจัยทุนงบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- จกมล พรมยะ. (2543) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาชีววิทยา) เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- _____, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. (2544) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ณัฐวี ธรรมเจษฎา. (2543) การเพิ่มผลผลิตของแอสตาแซนธินในสาหร่ายขนาดเล็ก *Haematococcus pluvialis* NIES-144. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ) กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เนติ เงินแพทย์. (2555) เอกสารประกอบการสอนวิชาสาหร่ายวิทยา. เชียงราย : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://biology.cru.in.th/biology/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=53 (21 มิถุนายน 2556)
- เบญจมาศ เขียรศิลป์ และจิตตรา ยี่แสง (2554). โครงการการตัดแยกและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กที่มีน้ำมันสูงในน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการบำบัดน้ำทิ้งและการผลิตไบโอดีเซล. สงขลา : โครงการวิจัย กองทุนสนับสนุนการวิจัย (เทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ประยูร เอ็นมาก. (2553) อิทธิพลของความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์และความเค็มต่อการเร่งการสะสมน้ำมันในสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ) ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พนิดา รัตนพลที. (2552) การประยุกต์ใช้สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตไบโอดีเซล. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ) ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พัชรี หล่งหม่าน, นฤมล อัครเกษมณี และเสาวนิตย์ ชอบบุญ. (2551) การผลิตและประยุกต์ใช้สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาตู้กบักอูย. สงขลา : โครงการวิจัย กองทุนพัฒนาการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ไพรัตน์ แก้วสาร. (2546) **โครงการการใช้วัสดุธรรมชาติเพื่อกำจัดสีในน้ำทิ้ง**. อุบลราชธานี : โครงการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ไพรินทร์ กปิลานนท์, กิตติ โพธิ์ปัทมะ และสมโภชน์ น้อยจินดา. (2538) **การผลิตแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina* sp.) แบบต่าง ๆ**. กรุงเทพมหานคร : โครงการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- รวี เสวรรษภักดิ์, สุชาติ ศรีเพ็ญ, สามัคคี บุญยะวัฒน์, อัมพร สุวรรณเมฆ, รังสิต สุวรรณเขตนิคม, เอ็จ สโรบล, พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, นวรัตน์ อุดมประเสริฐ, พูนพิภพ เกษมทรัพย์, จันทนา สุขปรีดี, นิรันดร์ จันทวงศ์, ประศาสตร์ เกื้อมณี และจารณัย พาณิชยกุล. (2537) **การวิจัยการใช้พืชเพื่อลดมลสารในอากาศ**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [ออนไลน์] แหล่งที่มา : <http://www.ku.ac.th/www/ED/book/001/ravee.html> (29 มิถุนายน 2556)
- โรจน์รวี ชัยรัตน์. (2550) **ชีววิทยาทั่วไป 1**. ชุมพร : สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชุมพร [ออนไลน์] แหล่งที่มา : <http://www.ipecp.ac.th/ipecp/cgi-binn/BP1/Program/chapter3/p5.html> (27 มิถุนายน 2556)
- รอยพิมพ์ อินต๊ะยศ. (2549) **การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการหมักของผักโดยสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม) เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วันชัย พันธุ์ทวี. (2546) **การคัดเลือกและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างสารต้านจุลชีพจากสาหร่ายขนาดเล็ก**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาจุลชีววิทยา) กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วาสนา ทับทองดี และวิชชุตา ภักดีเจริญ. (2545) **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยสารเคมี**. นครปฐม : งานวิจัย (โปรแกรมชีววิทยาประยุกต์) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครปฐม.
- วีไลรัตน์ เจริญใหม่รุ่งเรือง. (2541) **ประสิทธิภาพของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina* spp.) ในการลดค่าบีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ของน้ำเสียจากโรงงานผักดอง**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วีระยุทธ รักษาศักดิ์, ยศสรล พิเชียรสุนทร, บุญยฤทธิ์ ปัญญาภิญโญผล, ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา และประเสริฐ ภาวนันต์. (สิงหาคม 2555) “การเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กโดยการเปลี่ยนรูปคาร์บอนไดออกไซด์” **วารสารวิศวกรรมศาสตร์**. 3 (4) หน้า 15-26.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ศิริินภา พงษ์พีระ และสุมนทิพย์ บุณนาค. (2552) การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้สาหร่าย *Spirulina platensis*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาชีววิทยา) ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมรลักษณ์ แจ่มแจ่ม. (2542) สภาพที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่ายขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม) กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สามารถ พึ่งเจริญ. (2550) การใช้สาหร่าย *Phormidium sp.* ร่วมกับสาหร่าย *Spirulina platensis* ในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากฟาร์มสุกร. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม) เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สุจยา ฤทธิศร. (2551) การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเกลียวทองเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสุราแช่พื้นบ้าน. ปทุมธานี : โครงการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์. (2552) ศักยภาพและความเป็นไปได้ในการใช้เซลล์สาหร่ายไฮยานอบแคทีเรียที่มีชีวิตในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสีย. สงขลา : โครงการวิจัย กองทุนพัฒนาการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- สมเกียรติ สุวรรณศิริ. (2542) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษสา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาชีววิทยา) เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมฤทัย สิงหสุวรรณ. (2553) สภาพที่เหมาะสมสำหรับผลิตชีวมวลและไขมันจากสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกได้ในการเพาะเลี้ยงแบบโฟโตออโตทรอฟ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ) นครศรีธรรมราช : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- _____, วรรณภา ชูฤทธิ์, ณัฐภาส ผู้พัฒน์, ประมุข ภระกูลสุขสถิตย์, วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน และสาโรจน์ ศิริคันสนียกุล. (2552) “การคัดเลือกสาหร่ายขนาดเล็กที่แยกได้ในประเทศไทยเพื่อการผลิตไบโอดีเซล” บทความทางวิชาการ. ครั้งที่ 47 หน้า 384-391.
- อภิญา ปานโซติ. (2548) ความหลากหลายของชนิดและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนทะเลบริเวณเกาะคราม อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง) กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Delgado, M., Bigeriego, M., and Guardiola, E. (1993) "Uptake of Zn, Cr and Cd by water hyacinths" **Water Research**. 27 (2) page 269-272.
- Franchino, M., Comino, E., Bona, F. and Riggio, V.A. (2013) "Growth of three microalgae strains and nutrient removal from an agro-zootechnical digestate" **Chemosphere**. 92 page 738-744.
- Gantar, M., Obreht, Z., and Dalmacija, B. (1991) "Nutrient removal and algal succession during the growth of *spirulina platensis* and *scenedesmus quadricauda* on swine wastewater" **Bioresource technology**. 36 (2) page 167-171.
- Kishimoto, M., Okakura, T., Nagashima, H., Minowa, T., Yokoyama, S.Y. and Yamaberi, K. (1994) "CO₂ Fixation and Oil Production Using Micro-Algae" **Journal of Fermentation and Bioengineering**. 6 (78) page 479-482.
- Lee, R. E. (1989) **Basic characteristic of the algae**. Phycology. Cambridge University Press.
- Mackenzie, F.T. (1995) **Biogeochemistry In Encyclopedia of Environmental Biology**. W.A. Nierenberg, editor. San diago : Academic Pres, Inc.
- Madigan, M.T., Martinkoand, J.M. and Parker, J. (2000) **Metabolic Diversity Biology of Microorganism**. Prentic- Hall Inc page 573-641.
- Nor, N.M., Chung, L.L., Teong, L.K. and Mohamed, A.R. (2013) "Synthesis of activated carbon from lignocellulosic biomass and its applications in air pollution control—a review" **Journal of Environmental Chemical**. JECE 165 page 1-29.
- Ruiz-Martinez, A., Garcia, N.M., Romero, I., Seco, A. and Ferrer, J. (2012) "Microalgae cultivation in wastewater : Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent" **Bioresource Technology**. 126 page 247-253.
- Zhou, J.L., Huang, P.L., and Lin, R.G. (1998) "Sorption and desorption of Cu and Cd by macroalgae and microalgae" **Environmental Pollution**. 101 page 67-75.
- Zuthi, M.F.R., Guo, W.S., Ngo, H.H., Nghiem, L.D., Hai, F.I. 2013. "Enhanced biological phosphorus removal and its modeling for the activated sludge and membrane bioreactor processes" **Bioresource Technology**. 139 page 363-374.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เอกสารรับรองคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย



เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

เอกสารรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

วันที่ 22 มกราคม 2557

ชื่อเรื่อง ผลผลิตชีวมวลและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็ก
ชื่อนักวิจัย/หัวหน้าโครงการ นายธีระพงษ์ บ้างบุญเรือง
คณะวิชา/หลักสูตร หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ขอรับรองว่า งานวิจัยดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับประกาศ
เฮลซิงกิ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ลงนาม

อ. อธิชา อธิชา

(รองศาสตราจารย์อติชา จันทน์วิทยานุชิต)

รักษาการประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

วันที่รับรอง

วันที่ 22 มกราคม 2557

เลขที่รับรอง

อ.195/2557

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์

การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ค่าซีไอที (COD)

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ซึ่งอบแห้งในเตาอบอุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหนัก 4.913 กรัม ใส่ไปในน้ำกลั่นประมาณ 500 มล. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 167 มล. และเติมปรอทซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มล.

2. กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

ซังซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียม ซัลเฟต 0.05 นอร์มัล

ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรด ซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. แล้วเจือจางเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์

ละลายเฟอรัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 695 มก และ 1,10-ฟีแนนโทรลีน โมโนไฮเดรต (1,10-Phenanthroline Monohydrate, $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 1.485 กรัมในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 100 มล.

การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น (TKN)

1. สารละลายปรอทซัลเฟต

ละลายปรอทออกไซด์ (HgO , Red) 8 กรัม ในกรดกำมะถัน 6 นอร์มัล ปริมาตร 100 มล.

2. น้ำยาสำหรับย่อยสลาย

ละลายโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มล. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 200 มล. คนให้เข้ากันและเติมสารละลายปรอทซัลเฟต 25 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้สารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 °C เพื่อป้องกันการตกผลึก

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 25 กรัม ในน้ำและเจือจางเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายฟีนอลฟทาไลน์อินดิเคเตอร์

ละลายฟีนอลฟทาไลน์ 5 กรัม ในเอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 95% จำนวน 500 มล. เติมน้ำกลั่นอีก 500 มล.

การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

1. ฟีนอล์ฟธาไลน์อินดิเคเตอร์

ละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ 5 กรัม ในเอทานอล (C_2H_5OH) 95% จำนวน 500 มล. เติมน้ำกลั่นอีก 500 มล.

2. สารละลายกรด HCl 1 + 1

อาจใช้ H_2SO_4 , $HClO_4$ หรือ HNO_3 แทน HCl ได้

3. ถ่านกัมมันต์

ล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดผงละเอียดของถ่านกัมมันต์

4. สารละลายแวนนาเดต-โมลิบเดต

เทสารละลาย A ลงในสารละลาย B ผสมให้เข้ากันและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

- สารละลาย A ละลาย Ammonium Molybdate, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, จำนวน 25 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มล.

- สารละลาย B ละลาย Ammonium Metavanadate, NH_4VO_3 จำนวน 1.25 กรัม โดยต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 มล. ทิ้งให้เย็น และเติมกรดเกลือเข้มข้น 330 มล. ทิ้งให้เย็นก่อนนำไปใช้

5. สารละลายสต็อกฟอสเฟต

ละลาย Anhydrous KH_2PO_4 219.5 มก. ในน้ำกลั่นและเจือจางให้เป็น 1,000 มล.

ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์

1. การตรวจวัดค่าพีเอช (pH) โดยวิธีไฟฟ้า (Electrometric method)

หลักการ

การวัดพีเอช คือการวัดสภาพความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Aqueous Solution) โดยวัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออน (Ionic Potential) ให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดพีเอช (Potentiometer)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวัดพีเอช
- เครื่องวัดพีเอชเป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้วัดพีเอชของสารละลายโดยหลักการวัดความต่างศักย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อิเล็กโทรดและตัวเครื่อง

1. อิเล็กโทรดทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับ ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นอิเล็กโทรดรวม (combination pH Electrode) ซึ่งออกแบบไว้ให้สะดวกในการใช้งาน โดยรวมอิเล็กโทรดอ้างอิงและอิเล็กโทรดตรวจวัดมาอยู่ด้วยกัน อิเล็กโทรดตรวจทำด้วยแก้วพิเศษที่ยอมให้ไฮโดรเจนไอออนผ่าน ส่วนใหญ่ออกแบบเป็นรูปกระปาะ ภายในบรรจุบัฟเฟอร์เอาไว้ อิเล็กโทรดอ้างอิงทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเกิดครบวงจร โดย KCl ชนิดอิ่มตัวที่อยู่ในอิเล็กโทรดอ้างอิงซึมผ่านออกมาเป็น Salt bridge เชื่อมกับอิเล็กโทรดตรวจวัด

2. ตัวเครื่อง (Potentiometer) ทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการคือ

- ปรับความต่างศักย์ให้กับอิเล็กโทรดอ้างอิงให้มีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์และคงที่
- แปลสัญญาณจากความต่างศักย์ของไอออนของอิเล็กโทรดให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า
- ขยายสัญญาณของความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้นอย่างเพียงพอให้เข็มหรือตัวเลขแสดงออกมาทางมิเตอร์

3. ปีกเกอร์ ขนาด 100 มล.

4. Magnetic stirrer

สารเคมี

- สารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์)

การเตรียมสารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์) สามารถทำได้โดยดูจากตารางที่ 1 สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารอินทรีย์ จึงอาจเสื่อมคุณภาพเพราะการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือจากการปนเปื้อนของสารอื่น ดังนั้นจึงมีการเตรียมไว้ใช้ใหม่ ๆ เสมอ สำหรับน้ำกลั่นที่นำมาใช้เตรียมควรมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ 25 องศาเซลเซียส น้อยกว่า $2 \mu\text{mho/cm}$ และมีพีเอชอยู่ในช่วง 5.6 – 6.0 สารละลายบัฟเฟอร์ควรเก็บในขวด polyethylene

วิธีวัดพีเอช

1. หลังจากเปิดเครื่องวัดพีเอชควรปล่อยให้เครื่องร้อนอย่างน้อย 15 นาที ก่อนใช้งาน
2. ปรับเทียบมาตรฐาน (Standardization) เครื่องให้พร้อมก่อนที่จะวัดพีเอชตัวอย่าง โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าพีเอชแน่นอน
3. ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวัดพีเอช ต้องปล่อยให้มียุณหภูมิคงที่เสียก่อน เช่น ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำแช่เย็นไว้ต้องนำออกจากตู้เย็น ตั้งทิ้งไว้จนหายเย็นจึงจะนำไปวัดพีเอช เพราะค่าพีเอชจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ
4. ก่อนวัด เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี เทใส่บีกเกอร์และวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กจุ่มอิเล็กโทรด แล้วเปิดเครื่องกวนให้หมุนเบา ๆ (ถ้าไม่มีเครื่องกวนแม่เหล็ก ให้ขยับอิเล็กโทรดเบา ๆ) จนตัวเลขแสดงค่าพีเอชหยุดนิ่ง อ่านค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำ
5. เมื่อจะวัดตัวอย่างต่อไปให้ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วซับด้วยกระดาษหรือผ้านุ่ม ๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและซับให้แห้งแล้วให้แช่อิเล็กโทรดไว้ในสารละลายที่มีไอออนมากพอสมควรและมีฤทธิ์เป็นกรด เช่น สารละลายบัฟเฟอร์ 4 หรือที่ดีที่สุดใยน้ำยาสำหรับเก็บรักษาอิเล็กโทรด

2. การวิเคราะห์ซีไอทีโดยวิธีรีฟลักซ์ปิด แบบไตเตรชัน (Closed-Reflex Method)

หลักการทั่วไป

หลักการการวิเคราะห์ค่าซีไอทีโดยวิธีการรีฟลักซ์แบบปิดจะเหมือนกับวิธีการรีฟลักซ์แบบเปิดแต่มีข้อดี คือ สารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายจะสามารถถูกออกไซด์ได้มากกว่าในระบบปิดเมื่อเทียบกับการรีฟลักซ์ในระบบเปิดเพราะมีเวลาสัมผัสกับสารออกไซด์ได้นานกว่า ก่อนทำการทดลองควรตรวจดูฝาปิดหลอดแก้วว่ามีรอยแตกตรงรอยต่อของ TFE liner หรือไม่ เพราะต้องใส่ในเตาที่มีอุณหภูมิ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$ โดยไม่ต้องใช้คอนเดนเซอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อยสลาย (digest vessel) เป็นหลอดทดลองแก้วชนิดบอโรซิลิเกต (Borosilicate Glass) ซึ่งมีขนาด 16 x 100 มิลลิเมตร หรือ 20 x 150 มิลลิเมตร หรือ 25 x 150 มิลลิเมตร พร้อมทั้งฝาจุกที่บุด้วย TFE (TFE-coated Caps) หรือใช้บอโรซิลิเกตแอมพูล (borosilicate ampules) ขนาดความจุ 10 มิลลิลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 19 - 20 มิลลิเมตร

2. เตาหลอด (heating block) เป็นอะลูมิเนียมหล่อ (cast aluminum) มีช่องหลาย ๆ ช่อง ซึ่งมีความลึก 45 ถึง 50 มิลลิเมตร เป็นช่องที่จะให้หลอดหรือแอมพูลตั้งอยู่ได้พอดีและให้ความร้อนแก่สารละลายได้ทั่วถึง

3. เตาอบ เครื่องให้ความร้อนโดยสามารถให้ความร้อนและสามารถควบคุมให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 150 ± 2 องศาเซลเซียส

4. บิวเรต

5. ขวดรูปกรวยขนาด 125 มล.

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ซึ่งอบแห้งในเตาอบอุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหนัก 4.913 กรัม ใส่ไปในน้ำกลั่นประมาณ 500 มล. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 167 มล. และเติมปรอทซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มล.

2. กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

ซิงซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. สารละลายมาตรฐานเฟร์รัสแอมโมเนียม ซัลเฟต 0.05 นอร์มัล

ละลายเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรด ซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. แล้วเจือจางเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์

ละลายเฟร์รัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 695 มก และ 1,10-ฟีแนนโทรีน โมโนไฮเดรต (1,10-Phenanthroline Monohydrate, $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 1.485 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มล.

5. กรดซัลฟามิก

เพื่อแก้สารแทรกสอดเนื่องจากไนโตรเจนตัวอย่างน้ำ โดยใส่กรดซัลฟามิก(Sulfamic Acid) 10 มิลลิกรัม เพื่อกำจัดไนไตรต์ทุก ๆ 1 มิลลิกรัม โดยใส่ภาชนะย่อยสลายก่อนที่จะนำไปรีฟลักซ์

6. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทหรือสารละลายมาตรฐานกลูโคส เตรียมขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบวิธีและการดำเนินการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีเตรียมมีลักษณะเช่นเดียวกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

วิธีวิเคราะห์

ต้องล้างหลอดแก้วและฝาปิดด้วยสารละลายกรดกำมะถัน 20% เสมอทุกครั้งก่อนใช้งาน

1. การเลือกขนาดของหลอดแก้วสำหรับต้มซีโอดีที่เหมาะสม

ถ้าตัวอย่างน้ำมีซีโอดีต่ำให้เลือกใช้หลอดแก้วขนาด 25x150 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 10 มล.) ถ้าซีโอดีค่อนข้างสูงให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20x150 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 5 มล.) และถ้าซีโอดีสูงสามารถใช้หลอดแก้วขนาด 16x100 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 2.5 มล.) ในที่นี้ใช้หลอดขนาด 20x150 มม. สำหรับหาซีโอดีที่มีค่าสูง ถ้าตัวอย่างมีค่าสูงมากก็ให้เจือจางตัวอย่างน้ำก่อน

2. การเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ

ใช้หลอดแก้วขนาด 20x150 มม. โดยเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำมากที่สุด 5 มล. หรือใช้น้อยกว่า แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 5 มล. และถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าซีโอดีสูงมากต้องเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนนำมาใช้ ควรประมาณค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำอย่างคร่าวๆก่อนเพื่อที่จะได้เลือกใช้ปริมาณตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม

3. ใส่ตัวอย่างน้ำ

3.1 ใส่ตัวอย่างลงในหลอดแก้วขนาด 20x150 มม. เติมน้ำย่อยสลายหรือโพแทสเซียมไดโครเมต 3.0 มล. ตามด้วยกรดซัลฟริก 7.0 มล. ปิดฝาให้แน่นและเขย่าผสมกันให้ดีสำหรับแปลงค่าใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกอย่าง

3.2 วางหลอดแก้วในบล็อก แล้วใส่ตู้อบตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 ± 2 °C เป็นเวลา 2 ชม. เมื่อครบ 2 ชม. แล้วนำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็น

4. การทำไตเตรชัน

เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด แล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติมหิวโรอินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานเอฟเอเอส สีของสารละลายจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากเหลือง → เขียวอมเหลือง → ฟ้า → น้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติ จดปริมาณเอฟเอเอสที่ใช้ไตเตรต

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี มิลลิกรัม O}_2/\text{ลิตร} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{มล. ของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{เมื่อ } A = \text{มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตแปลงค์}$$

B	=	มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างน้ำ
N	=	ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล

3. การวิเคราะห์ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen)

หลักการ

สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียโดยการออกซิไดส์ของกรดกำมะถัน ทำให้ไนโตรเจนหลุดออกมาในรูปแอมโมเนียดังกล่าว ส่วนคาร์บอนและไฮโดรเจนจะถูกออกซิไดส์เป็น CO_2 และ H_2O แล้วนำไปกลั่นเพื่อเก็บอออนแอมโมเนียในกรดบอริก จากนั้นจึงนำกรดบอริกไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยวิธี Nesslerization หรือไตเตรตด้วยสารละลายกรดแก่มาตรฐาน ทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็นที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ

การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำแล้วควรนำมาวิเคราะห์ทันที ถ้าจะยังไม่ทำการวิเคราะห์ให้เก็บรักษาตัวอย่างโดยเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 0.8 มล. ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร แล้วนำไปแช่เย็น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดเจลดาลท์ ขนาด 800 มล.
2. ชุดเครื่องมือสำหรับการย่อยสลาย
3. ชุดเครื่องมือสำหรับการกลั่นแอมโมเนีย

สารเคมี

1. สารละลายปรอทซัลเฟต
ละลายปรอทออกไซด์ (HgO , Red) 8 กรัม ในกรดกำมะถัน 6 นอร์มัล ปริมาตร 100 มล.
2. น้ำยาสำหรับย่อยสลาย
ละลายโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มล. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 200 มล. คนให้เข้ากันและเติมสารละลายปรอทซัลเฟต 25 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้สารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 °C เพื่อป้องกันการตกผลึก
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟต
ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 25 กรัม ในน้ำและเจือจางเป็น 1 ลิตร
4. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์
ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 กรัม ในเอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 95% จำนวน 500 มล. เติมน้ำกลั่นอีก 500 มล.

วิธีวิเคราะห์

1. การเลือกขนาดน้ำ

เลือกปริมาตรตัวอย่างสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่คาดว่าจะมี (ตามตารางการเลือกขนาดตัวอย่าง) เมื่อเลือกปริมาตรตัวอย่างได้แล้ว ตวงตัวอย่างใส่ในขวดเจลดาล์ขนาด 800 มล. เติมลูกแก้ว 3-4 เม็ด เพื่อกันการเดือดอย่างรุนแรง

Org-N ในตัวอย่าง (มก./ล.)	ขนาดตัวอย่าง (มล.)
0-1	500
1-10	250
10-20	100
20-50	50
50-100	25

2. การย่อยสลาย (Digestion)

เติมน้ำยาสำหรับย่อยสลาย 50 มล. ลงในขวดเจลดาล์ นำเข้าเครื่องย่อยสลายต้มจนกระทั่งเกิดควันสีขาวของ SO_3 ให้ต้มต่อไปเรื่อย ๆ จนได้สารละลายใสจากนั้นย่อยสลายต่ออีก 20-30 นาที (ถ้ายังไม่ได้สารละลายใสให้เติมน้ำยาย่อยอีก 50 มล. แล้วย่อยจนได้สารละลายใส) ปิดไฟแล้วปล่อยให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่น 300 มล. และฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 มล. เขย่าให้เข้ากันและทำให้เป็นด่างโดยค่อย ๆ เติมน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟต 50 มล. เขย่าให้เข้ากัน ถ้าสีชมพูของฟีนอล์ฟทาลีนยังไม่เกิด ให้เติมน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟตลงไปอีก จากนั้นนำไปกลั่น

3. การกลั่น

ต่อขวดเจลดาล์เข้ากับเครื่องกลั่น ทำการกลั่นโดยให้ความร้อนที่พอเหมาะ เก็บส่วนที่กลั่นออกมา 200 มล. ผ่านหลอดแก้วที่จุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริก 50 มล. ที่เติมอินดิเคเตอร์ เมื่อกลั่นครบ 200 มล. เลื่อนขวดเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นออกแล้วนำไปหาแอมโมเนียต่อไป โดยต้องทำแปลงค์ด้วย

4. การคำนวณ

ปริมาณแอมโมเนียที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำที่ผ่านการย่อยและการกลั่นมาแล้วจะเป็นค่า TKN ถ้าต้องการหาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว จะต้องวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำก่อน จากนั้นจึงคำนวณหาค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนได้ดังนี้

สารอินทรีย์ไนโตรเจน = TKN - แอมโมเนียไนโตรเจน

4. การวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) วิธีกรดแวนนาโดโมลิบโดฟอสฟอริก

หลักการ

ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด แอมโมเนียโมลิบเดตจะทำปฏิกิริยากับออร์โธฟอสเฟต เกิดเป็นกรดโมลิบโดฟอสฟอริก เมื่อมีแวนนาเดียมอออน จะเกิดสีเหลืองของกรดแวนนาโดโมลิบโดฟอสฟอริก ความเข้มของสีเหลืองจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในน้ำ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์
2. เครื่องแก้วที่ล้างด้วยกรด

อย่าล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำยาฟอสเฟต ควรล้างภาชนะแก้วด้วยสารละลายกรดเกลือเจือจางที่ร้อน และชำระล้างด้วยน้ำกลั่น ควรสำรองเครื่องแก้วสำหรับงานวิเคราะห์ฟอสเฟตโดยเฉพาะ

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 กรัม ในเอทานอล (C_2H_5OH) 95% จำนวน 500 มล. เติมน้ำกลั่นอีก 500 มล.

2. สารละลายกรด HCl 1 + 1

อาจใช้ H_2SO_4 , $HClO_4$ หรือ HNO_3 แทน HCl ได้

3. ถ่านกัมมันต์

ล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดผงละเอียดของถ่านกัมมันต์

4. สารละลายแวนนาเดต-โมลิบเดต

เทสารละลาย A ลงในสารละลาย B ผสมให้เข้ากันและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

- สารละลาย A ละลาย Ammonium Molybdate, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, จำนวน 25 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มล.

- สารละลาย B ละลาย Ammonium Metavanadate, NH_4VO_3 จำนวน 1.25 กรัม โดยต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 มล. ทิ้งให้เย็น และเติมกรดเกลือเข้มข้น 330 มล. ทิ้งให้เย็นก่อนนำไปใช้

5. สารละลายสต็อกฟอสเฟต

ละลาย Anhydrous KH_2PO_4 219.5 มก. ในน้ำกลั่นและเจือจางให้เป็น 1,000 มล.

วิธีวิเคราะห์

1. ย่อยขนาดตัวอย่าง 100 มล. หรือน้อยกว่าด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น 1 มล. และกรดไนตริกเข้มข้น 5 มล. กระทำในตู้ดูดควันหรือในชุดย่อย TKN
2. เติมสารละลายแวนนาเดต-โมลิบเดต 10 มล. และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มล. เตรียมแบลงค์น้ำกลั่น 35 มล. และทำเช่นเดียวกัน
3. ทิ้งไว้ 10 นาที หรือนานกว่าจะได้สีเหลืองเกิดขึ้น วัดการดูดกลืนสี (Absorbance) ของสารละลายที่ความยาวคลื่น 400-490 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับแบลงค์ตัวอย่าง
4. เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต เป็นตัวอย่างของกราฟมาตรฐานฟอสเฟต

การคำนวณ

$$\text{ฟอสเฟต (มก.P/ล)} = \frac{\text{ไมโครกรัมฟอสเฟตที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มล.)}}$$

5. การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) โดยวิธีทำให้แห้งที่ 103-105 °C

หลักการ

กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่ทราบน้ำหนัก ตะกอนที่ติดอยู่บนกระดาษกรองจะนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C และทำให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มคือ น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โถทำแห้ง พร้อมสารดูดความชื้น
2. ตู้อบ ที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
3. ตาชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 กรัม
4. กระดาษกรอง GF/C ขนาด 4.7 ซม.
5. ชุดกรอง
 - 5.1 Membrane filter funnel หรือ
 - 5.2 ถ้วยกรองกุช หรือกรวยบุคเนอร์
6. เครื่องดูดสุญญากาศ พร้อมขวดดูดสุญญากาศขนาด 500-1,000 มล.
7. ถ้วยอลูมิเนียม ฟอยล์
8. ปากคีบ

วิธีวิเคราะห์

1. นำกระดาษกรอง GF/C ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชม. ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง

2. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง GF/C สมมุติน้ำหนัก A กรัม วางบนอลูมิเนียมฟอยล์
3. ต่อชุดเครื่องมือสำหรับกรองใช้ปากคีบหีบกระดาษกรอง GF/C วางบนกรวยบุคเนอร์ เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งติดต่อกันโดยใช้ครั้งละ 20 มล. เปิดเครื่องดูดสุญญากาศต่อน้ำออกจนแห้ง ทิ้งน้ำไป
4. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำที่จะใช้โดยพิจารณาจากลักษณะน้ำ ถ้าน้ำขุ่นมีของแข็งแขวนลอยมาก ควรใช้ปริมาณน้อย ๆ แต่ถ้าน้ำใสควรใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เขย่าตัวอย่างให้เข้ากันอย่างดี เทตัวอย่างที่ทราบปริมาตรลงกรองโดยค่อยๆเททีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนหมดใช้น้ำกลั่นฉีดล้างภาชนะที่ใช้ตวงตัวอย่าง เทลงกรอง และฉีดน้ำกลั่นที่ด้านข้างของกรวยบุคเนอร์รวมทั้งบนกระดาษกรอง GF/C ปลอ่ยให้เครื่องดูดสุญญากาศดูดน้ำออกจนแห้ง ปิดเครื่อง
5. ใช้ปากคีบขบกระดาษกรองขึ้นวางบนถ้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 °C อย่างน้อยเป็นเวลา 1 ชม. นำออกจากตู้อบ ปลอ่ยให้เย็นในโถทำแห้งซึ่งน้ำหนักกระดาษกรอง สมมุติน้ำหนัก B กรัม
6. ควรทำข้อ 5 ซ้ำ จนได้น้ำหนักคงที่หรือจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่า 4% ของน้ำหนักครั้งก่อนหรือประมาณ 0.5 มก.

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{C}$$

- A = น้ำหนักกระดาษกรองอย่างเดียว, กรัม
 B = น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็ง, กรัม
 C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)

6. การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)

หลักการ

นำสารแขวนลอยที่กรองได้ที่น้ำหนักจากตัวอย่างน้ำไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 °C เป็นเวลา 15-20 นาที นำมาห่าน้ำหนักอีกครั้ง ดังนั้นปริมาณ (น้ำหนัก) สารแขวนลอยที่หายไปหลังการเผา คือ ปริมาณของของแข็งแขวนลอยระเหย หน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง ที่ปรับอุณหภูมิได้ที่ 500±50 °C
2. โถทำแห้ง พร้อมสารดูดความชื้น
3. ตู้อบ ปรับอุณหภูมิได้ที่ 103-105 °C
4. ตาชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 กรัม
5. กระดาษกรอง GF/C มี pore size 0.4 μ เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม.

6. ชุดกรอง
 - 6.1 Membrane filter funnel หรือ
 - 6.2 ถ้วยกรองกุช หรือกรวยบุคคลเนอร์
7. เครื่องดูดสุญญากาศ พร้อมขวดกรอง
8. ถ้วยกระเบื้อง

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมกระดาษกรอง GF/C โดยนำแผ่นกรอง GF/C วางบนถ้วยกระเบื้องเคลือบใสในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 15 นาที นำออกจากเตาเผาแล้วปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง
2. เตรียมเครื่องมือกรองให้พร้อมแล้วใช้ปากคีบที่สะอาดจับกรอง GF/C ที่เตรียมไว้วางบนกรวยกรอง โดยให้ด้านย่นอยู่ข้างบน ใช้น้ำกลั่นฉีดบนแผ่นกรอง GF/C เล็กน้อยเพื่อให้แผ่นกรองติดแน่นกับกรวยกรอง เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ
3. เทน้ำตัวอย่างที่เขย่าให้เข้ากันดีแล้วตามปริมาตรที่เลือกใช้ลงบนแผ่นกรอง GF/C ที่ละน้อย โดยเปิดเครื่องดูดสุญญากาศด้วย เมื่อกรองน้ำตัวอย่างหมดแล้วให้ฉีดล้างแผ่นกรองและกรวยกรองจนทั่วปล่อยให้ดูดน้ำออกให้แห้ง ปิดเครื่อง
4. ใช้ปากคีบหยิบแผ่นกรอง GF/C วางบนถ้วยกระเบื้องเคลือบเดิมอีกครั้ง นำไปอบให้แห้งที่ตู้อบอุณหภูมิ 103 °C ไว้ก่อนเป็นเวลา 1 ชม. นำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งซึ่งน้ำหนักของแผ่นกรอง GF/C ที่มีสารแขวนลอยอยู่พร้อมถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ใส สมมุติเป็น A กรัม
5. นำแผ่นกรอง GF/C พร้อมถ้วยกระเบื้องเคลือบจากข้อ 4 มาเผาในเตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 500±50 °C เป็นเวลา 15-20 นาที (สารแขวนลอยกลายเป็นเถ้าสีขาว)
6. นำออกจากเตาเผา ปล่อยให้หายร้อนในอากาศก่อนจนเกือบเท่าอุณหภูมิห้อง จึงนำเข้าไปในโถทำแห้ง เมื่อเย็นเท่าอุณหภูมิก่อนนำมาชั่ง สมมุติเป็น B กรัม

การคำนวณ

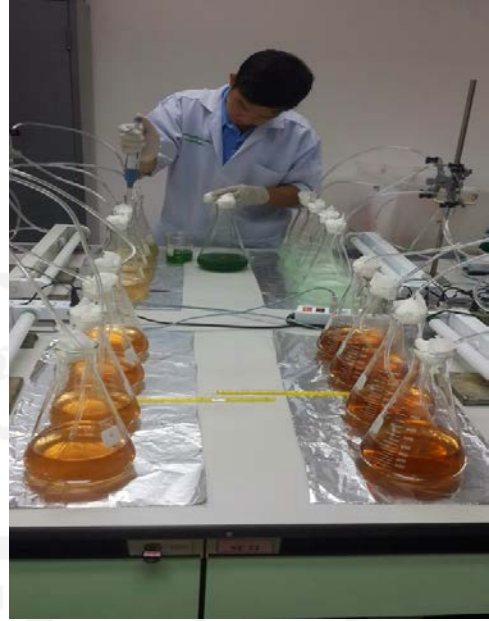
$$\text{ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)}}$$

- เมื่อ A = น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยก่อนเผา + ถ้วยกระเบื้องเคลือบ + กระดาษกรอง
 B = น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยหลังเผา + ถ้วยกระเบื้องเคลือบ + กระดาษกรอง

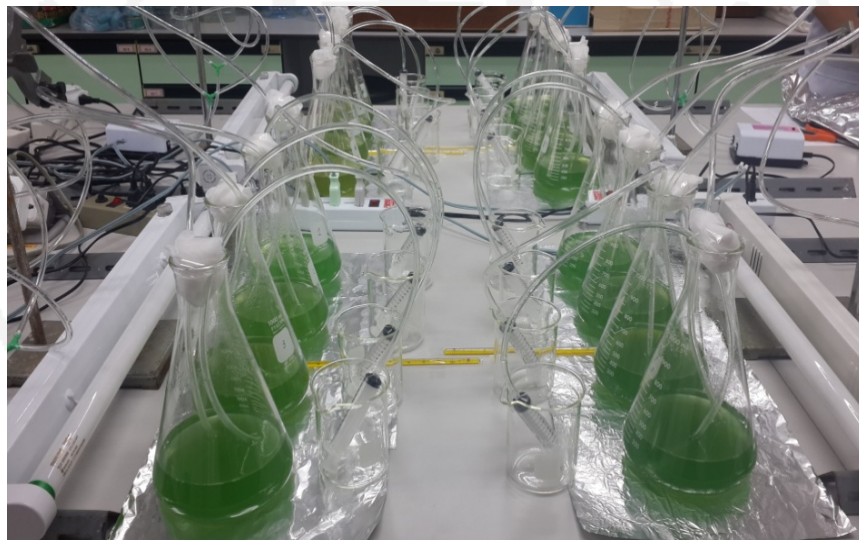
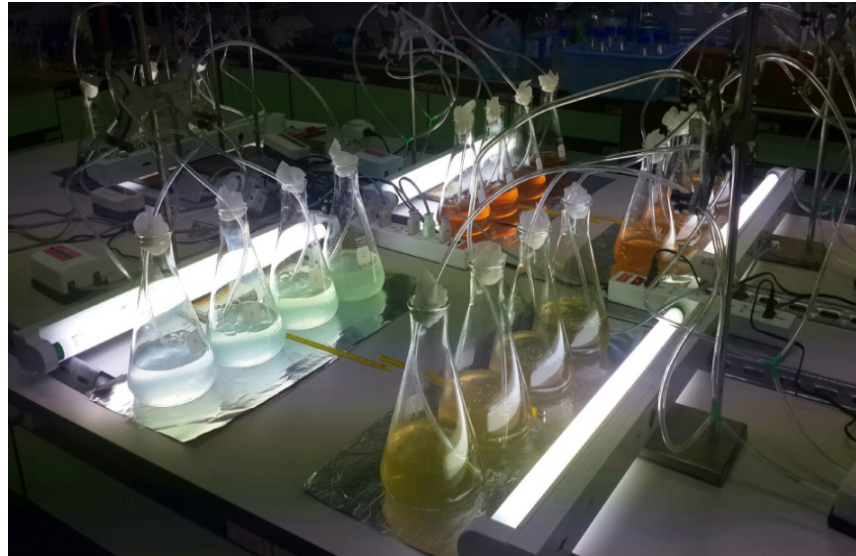


ภาคผนวก ง
ภาพประกอบระหว่างการทำวิจัย

ภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ



ภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ (ต่อ)

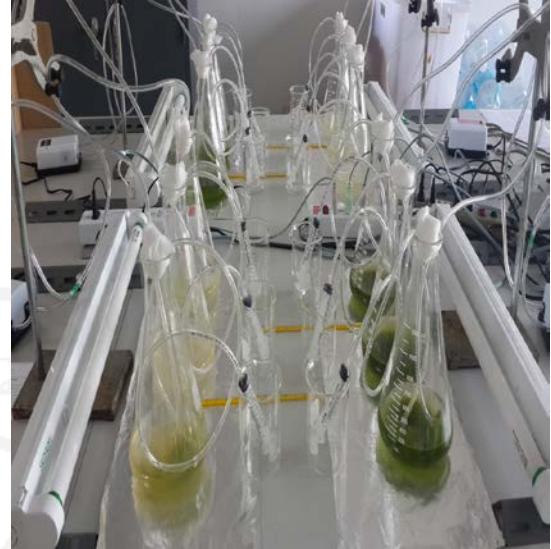
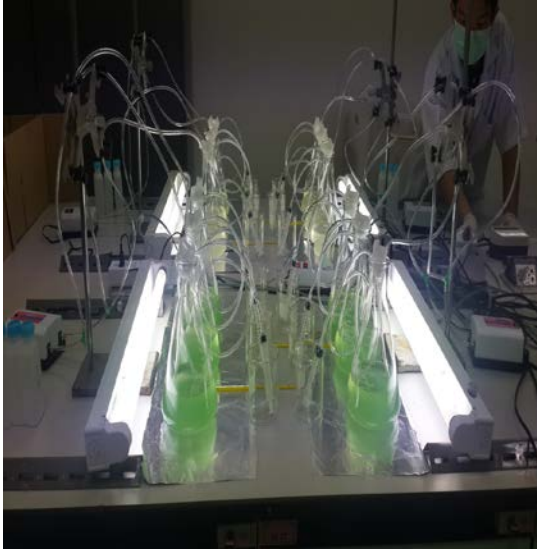


ภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ (ต่อ)



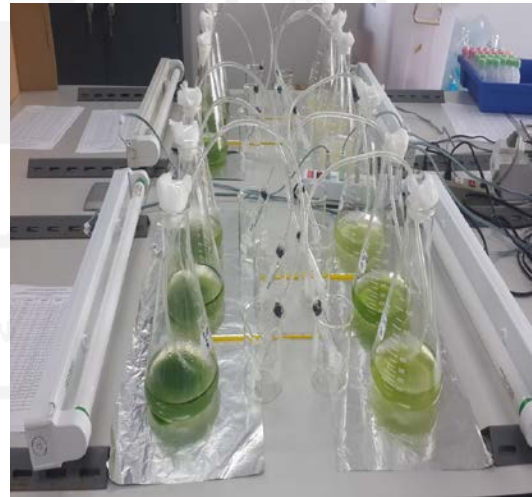
ภาพชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

(T1 : Light + Aeration)



ภาพชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์

(T2 : Light + No Aeration)



ภาพชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ

(T3 : No Light + Aeration)

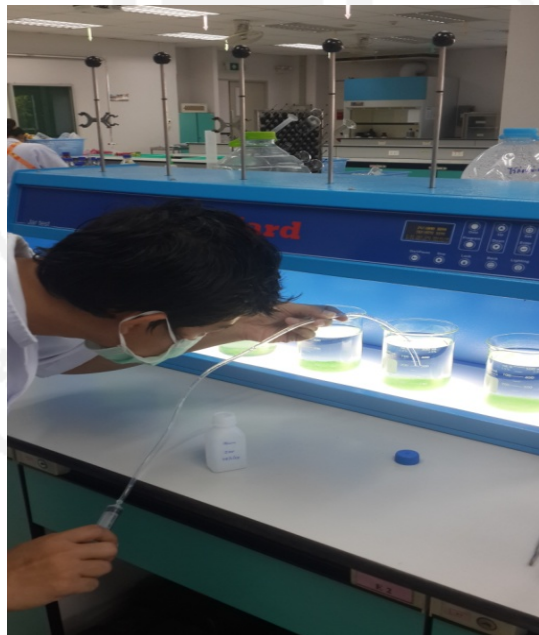


ภาพชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ

(T4 : No Light + No Aeration)



ภาพการเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กลำไรรูไลนา ด้วยวิธีจาร์เทส



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธีระพงษ์ บ้างบุญเรือง
วัน เดือน ปีเกิด	14 กันยายน 2529
ที่อยู่ปัจจุบัน	1/90 หมู่ 8 ซอยวัดศรีวารีน้อย ถนนบางนา-ตราด ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม
พ.ศ. 2557	คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2552 - 2553	นักวิชาการสาธารณสุข ศูนย์สุขภาพชุมชน 2 โรงพยาบาลบางพลี
พ.ศ. 2554	นักวิชาการสาธารณสุข โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านคลองบางปีง
พ.ศ. 2554 - 2557	นักวิชาการสาธารณสุข โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลราชาเทวะ
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	
พ.ศ. 2557 - ปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิชาการสุขาภิบาล กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม องค์การบริหารส่วนตำบลราชาเทวะ