บรรณานุกรม

กรรณิการ์ อธิราช. 2543. การใช้แบคทีเรียและซีโอไลต์ในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

เกศริน ฑีฆายุ และ ศิริวรรณ คิดประเสริฐ. 2540. การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งโดยใช้สาหร่ายทะเลสกุลกราซิลาเรียลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน.ในรายงานการ ประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 14 วันที่ 26–29 มกราคม 2540 ณ โรงแรมพาวิลเลี่ยนและวิทยาเขตภาคใต้ จ. สงขลา. น. 1-10

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์. 442 น.

คีรี กออนันตกุล. 2543. การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ. วารสารสัตว์น้ำ 11 : 172 - 184.

คณิต ไชยาคำ และดุสิต ตันวิไลย. 2535. การทดลองใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางเพื่อบำบัดน้ำทิ้งทางชีวภาพจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2535, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 35 หน้า.

คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีคาลัมพะบุตร. 2549. การเลี้ยงปลากระรังในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดโดยการบำบัดทางชีวภาพ 2 ระบบ. วารสารการประมง ปีที่ 59 ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม 2549. หน้า 409-416.

คณัสนันท์ ก้อนคำ และอุทัยวรรณ ชาชะ. 2548. ความสามารถของซีโอไลต์ธรรมชาติในการกำจัดแอมโมเนีย และซัลไฟด์ ในน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตยางแผ่น. โครงงานเคมี วท.บ. สงขลา.มหาวิทยาลัยทักษิณ.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2548. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สงขลา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ฐิติมา เอี่ยวสกุล. 2542. การศึกษาการดูดซับแอมโมเนียในน้ำทิ้งโดยใช้ซีโอไลต์. โครงงานเคมี วท.บ. สงขลา: มหาวิยาลัยทักษิณ

ธนากร พันธนียะ. 2547. สาหร่ายผมนาง. ค้นจาก http:// WWW.GOOGLE.COM เมื่อวันที่ 26 มกราคม 2550

นวลมณี พงศ์ธนา และพุทธรัตน์ เบ้าประเสริฐกุล. 2538. การทดลองการเลี้ยงปลานิลเพศผู้ GMT. วารสารการประมง 3 : 255 - 260.

ประภาพร ขันชาลี. 2549. การประยุกต์ใช้ซีโอไลต์ ธรรมชาติ เปลือกหอยนางรม และสาหร่ายหางกระรอก ในการกำจัดไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำทิ้งจากระบบการเลี้ยงปลา

นิลแดงแปลงเพศ. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พุทธ ส่องแสงจินดา และสำรอง อินเอก. 2546. ประสิทธิภาพของหอยนางรม (*Crassostrea lugubris*) หอยแมลงภู่ (Perna viridis) และสาหร่ายผมนาง *(Gracilaria fisheri)* ใน การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเอกสารสารวิชาการ ฉบับที่ 6/2546.

พงเชฎฐ์ พิชิตกุล. 2544. การวิเคราะห์น้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

พุทธ ส่องแสงจินดา, สิริ ทุกข์วินาศ, ชัชวาล อินทรมนตรี และลักขณา ละอองศิริวงศ์. 2543. การบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลระบบปิดหมุนเวียนโดยใช้บ่อออกซิเดชั่นและระบบกรองด้วยทราย. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย. สงขลา.

พรรณศรี จริโมภาส. 2531. ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย. วารสารการประมง 1 : 41- 43.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2536. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ . ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 หน้า.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ และพรรณศรี เชิดชูพรรณเสวี. 2527. ปลานิลสีแดง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 20 หน้า.

วิทยา เทียมสุข. 2543. การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยซีโอไลต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เรณู คำหอม และวิภารัตน์ กังแฮ. 2548. โครงสร้างของซีโอไลต์และประสิทธิภาพในการดูดซับแอมโมเนีย ซัลไฟด์ และโลหะหนักบางชนิด ด้วยซีโอไลต์ธรรมชาติแต่ละชนิดในจังหวัดสงขลา. โครงงานเคมี วท.บ. สงขลา.มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สมาน กูจิ. 2538. การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีและแบคทีเรียที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุษา อ้นทอง, นินนาท์ โชติบริบูรณ์ และธัญญา พันฤทธิ์ดำ. 2543. การบำบัดแอมโมเนียจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งในจังหวัดสงขลา ด้วยซีโอไลต์. งานวิจัยทางเคมี. ภาควิชาเคมี และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1992. Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture. Alabama : Auburn University.

Baskerville-Bridges, B. and L.J., Kling. 2000. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. Aquaculture. 181 : 61-69.

Dancan Duncan, D.B.1955 . Multiple-range and multiple F tests.Biomertrics. 11 : 1-42.

Dupree, H.K. and Sneed, K.P. 1966. Response of channel catfish fingerling to different levels of nutrients in purified diets. U.S. Bureau of Sports Fish and Wildlifte Tech. Pap. No. 9.

Erdem, E., Karapinar, N., Donat, R. (2004). "The removal of heavy metal cations by natural zeolites," Colloid and Interface Scienc, 280 : 309–314.

Lee, H.S., Park, S.J., and Yoon, T.I. (2002). "Wastewater treatment in a hybrid biological reactor using powdered minerals: effects of organic loading rates on COD removal and nitrification," Process Biochem. 38, 81-87.

Parker, R. 1995. Aquaculture science. New York : Delmar.

Van Gorder, S.D. 1994. Operating and managing water reuse system. In : Timmons, M.B., Losordo, T.M. (Eds.), Aquaculture Water Reuse Systems : Engineering Design and Manangement. Elsevier, Amsterdam, The Netherland, pp. 281-306.

Yone, Y. and Fujii, M. 1975. Studies on nutrition of red sea bream-XI: Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on growth rate and feed efficiency. Bull. Jpn. Soc. Fish. 41:73 - 77.

www.kanchanapisek.or.th http://wikipedia.org

http: // www. Siamkol. Com/ponddlesign. htm

http: // www. bitong.i8. Com/pramong 10.htm

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนีย

สารเคมี

1. น้ำกลั่นแบบ Deionized distilled water

2. Sodium hydroxide 0.5 N

ละลาย 20 กรัมของ NaOHในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย 1 ลิตร เก็บในขวดพลาสติกปิดฝา

3. Magnesium sulphate solution

ละลาย 50 กรัม ของ $MgSO_4$ $7H_2O$ ในน้ำกลั่นประมาณ 100 ml เติม 0.5 N NaOH จนกระทั่งตะกอนเริ่มเกิด นำไปใส่ลูกปัดกันเดือดแล้วต้มไล่แอมโมเนีย ต้มจนปริมาณเหลือน้อยกว่า 100 ml ทิ้งให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เท่ากับ 100 ml เก็บในขวดแก้วปิดฝา

4. Phenol reagent

ละลาย 38 กรัม ของ Phenol (C_6H_5OH) และ 0.400 กรัม ของ Disodium nitroprusside dehydrate ($Na_2Fe(CN)_5NO.2H_2O$) ในน้ำกลั่นปราศจากแอมเนียแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml สารละลายนี้อาจมีสีจางๆ เก็บในตู้เย็นโดยใส่ในขวดแก้วสีชาปิดฝา

5. Sodium hypochlorite stock solution

ละลาย 0.5 กรัม ของโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) หรือโซเซียมไอโอไดด์ (NaI) ใน 50 ml ของ 1 N H_2SO_4 เติม hypochlorite solution จำนวน 1 ml แล้วนำไปไตเตรทกับน้ำยา 0.1 N thiosulfate solution ที่เตรียมไว้โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นใสไม่มีสี (ซึ่ง 1 ml thiosulfate = 3.54 mg active chlorine)

6. Hypochlorite reagent

นำ Sodium hypochlorite stock solution มาเจือจางให้ได้ 0.15% หรือ 150 mg available chlorine/100 ml ของ 0.5 N NaOH เก็บในตู้เย็นโดยใส่ในขวดแก้วฝาพลาสติก

7. Standard ammonia solution

ละลาย 0.3819 กรัม ของ NH_4Cl (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 90 นาที แล้วทำให้เย็นใน desiccator) ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml เก็บในตู้เย็นโดยใส่ในขวดแก้ว สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของ NH_3 –N 100 1mg/l

การเตรียม Standard curve

นำ Standard ammonia solution (100 mg/l) มาจำนวน 10.00 ml ใส่ไว้ใน volumetric flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ NH_3 –N 10.00 mg/l แล้วเตรียมสารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้นที่ต้องการ (ใช้ volumetric pipet ในการดูดสาร)

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของแอมโมเนีย (Standard ammonia solution)

Ammonia-Nitrogen (mg/l)	จำนวน ml ของ 10.00 mg/l NH_3-N ที่ pipet มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml
0.00	0.00
0.10	1.00
0.20	2.00
0.30	3.00
0.40	4.00
0.50	5.00

การวิเคราะห์

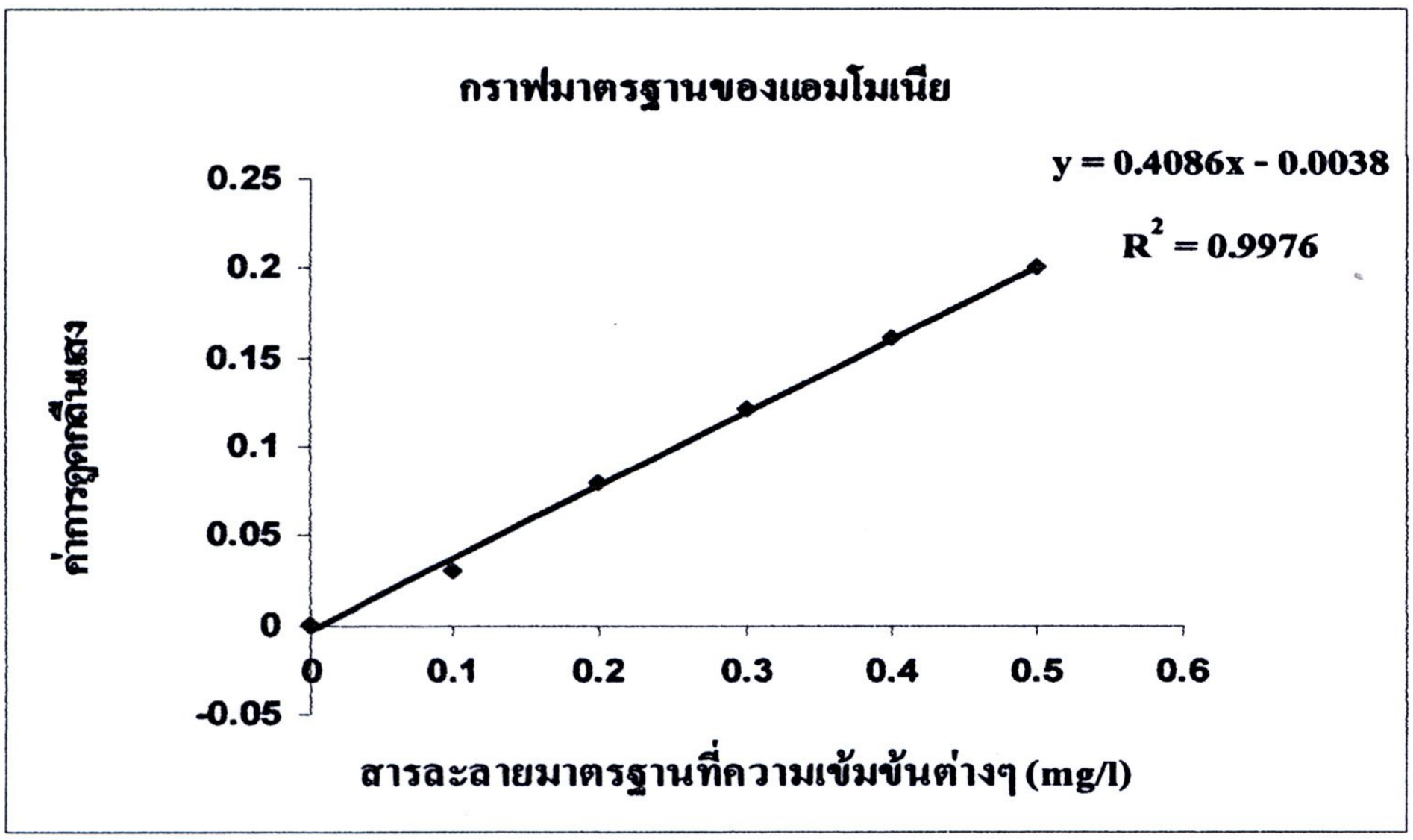
ตวงตัวอย่างน้ำ 50 ml ใส่ใน flask ที่มีฝาปิดแล้วเติม magnesium sulphate ในอัตราส่วนต่อไปนี้

- 1.0 ml สำหรับน้ำจืด
- 0.8 ml สำหรับน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 5-15 ppt
- 0.5 ml สำหรับน้ำที่มีความเค็ม 15-25 ppt
- สำหรับน้ำที่มีความเค็มสูงกว่า 25 ppt ไม่ต้องเติม magnesium sulphate

หลังจากนั้นเติม phenol reagent จำนวน 1.5 ml ตามด้วย hypochlorite reagent จำนวน 1.5 ml ผสมให้เข้ากันแล้วปิดฝาทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง หรือ ข้ามคืน แล้วนำเฉพาะของใสๆ ชั้นบนไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotomiter ที่ wavelength 630 nm และนำไปทำกราฟมาตรฐาน ตามตารางที่ 2 (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ของแอมโมเนีย

สารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ (mg/l)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0
0.1	0.03
0.2	0.08
0.3	0.12
0.4	0.16
0.5	0.20



ภาพที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานของแอมโมเนีย

3. การคำนวณความเข้มข้นของแอมโมเนีย

สมการ $NH_3\text{-}N\ (\mu g/L) = (E_w - E_b)\ f$

$$f = 5/(E_s - E_b)$$

เมื่อ E_w = absorbanc ของสารละลายตัวอย่าง

E_s = absorbance ของสารละลาย substandard

E_b = absorbance reagent blank

4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพการดูดซับแอมโมเนีย

คำนวณประสิทธิภาพการดูดซับ โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซับ} = \frac{\text{ความเข้มข้นก่อนการดูดซับ} - \text{ความเข้มข้นหลังการดูดซับ}}{\text{ความเข้มข้นก่อนการดูดซับ}} \times 100$$

2. วิธีวิเคราะห์ไนเตรท

โดยใช้วิธี Cadmium Reduction Method ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

สารเคมี

1. น้ำกลั่นแบบ deionized distilled water
2. $HgCl_2$ solution

ละลาย $HgCl_2$ จำนวน 1 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml

3. HCl 1% โดยปริมาตร
4. Conc Ammonium chloride solution

ละลาย NH_4Cl จำนวน 100 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml เก็บในขวด แก้วหรือขวดพลาสติก

5. Dilute ammonium chloride solution

เจือจาง Conc ammonium chloride solution จำนวน 50 ml ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 2,000 ml เก็บในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

6. Sulfanilamide reagent

ผสม Conc HCl จำนวน 50 ml กับน้ำกลั่นจำนวน 300 ml แล้วเติม sulfanilamide จำนวน 5 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml

7. N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution

ละลาย 0.500 กรัม ของ dihydrochloride ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บในขวดสีชาในที่มืด เตรียมสารละลายใหม่ทุกๆเดือน หรือเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

8. Hydrochloride acid solution 5% โดยปริมาตร

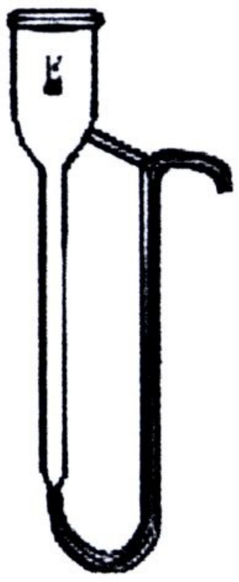
ผสม Conc HCl 1 ส่วนกับน้ำกลั่น 19 ส่วน โดยปริมาตร

9. Stock nitrate solution (สำคัญ)

ละลาย 0.7218 กรัม ของ KNO_3 anhydrous ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 ml สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของ NO_3-N 100 mg/l

การเตรียม Reduction column

1. รายละเอียดคอลัมน์แก้ว สั่งทำคอลัมน์แก้วตามรายละเอียดดังภาพ



2. การเคลือบแคดเมียมด้วยปรอท

ใช้เม็ดแคดเมียมขนาดประมาณ 0.5-2.0 มม. น้ำหนักประมาณ 300 กรัม เทใส่ในสารละลาย $HgCl_2$ แล้วคนประมาณ 3 นาที (ปริมาณแคดเมียม 300 กรัมนี้ สามารถทำคอลัมน์ 6 คอลัมน์) รินสารละลายทิ้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งแล้วล้างด้วย 1% HCl. หลายๆครั้งแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนไม่มีไนไตรท์ในน้ำที่ล้าง แช่เม็ดแคดเมียมไว้ใน Dilute ammonium chloride solution ในที่มืด การเตรียมคอลัมน์ใช้ใยแก้วจุกคอลัมน์แล้วเติมคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่นจนเต็ม จากนั้นจึงเทเม็ดแคดเมียมที่เคลือบด้วยปรอทลงไป ล้างคอลัมน์ด้วย Ammonium chloride solution เมื่อไม่ใช้ให้เติม Dilute ammonium chloride solution ไว้

*แคดเมียมที่ใช้จนเสื่อมประสิทธิภาพแล้วให้ล้างด้วย 5% HCl. แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง ทำให้แห้งที่ 60°C แล้วเคลือบใหม่

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

เก็บโดยการแช่เย็น หรือเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.8 ml/l

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ถ้าเก็บรักษาตัวอย่างโดยการเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ให้ปรับ pH ตัวอย่างให้เป็น 7 โดยใช้สารละลาย NaOH ก่อนทำการวิเคราะห์

2. ถ้าตัวอย่างน้ำขุ่นให้กรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 μ

3. ถ้า pH ของตัวอย่างมากกว่า 9 ให้ปรับลงมาใช้ 5% HCl ให้ pH อยู่ระหว่าง 8-9

4. การรีดิวซ์ไนเตรท

ตวงตัวอย่างน้ำ 90 ml ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml แล้วเติม Conc. NH_4Cl 2.0 ml ผสมให้เข้ากัน เทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลในอัตรา 5-8 ml/นาที ใช้กระบอกตวงขนาด 50 ml รองน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ออกมา ทิ้งน้ำตัวอย่าง 25-30 ml แรกที่ผ่านคอลัมน์ เก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 50 ml ไปวิเคราะห์

ในการรีดิวซ์ตัวอย่างหลายๆตัวอย่างต่อเนื่องกันไม่จำเป็นต้องล้างคอลัมน์ แต่ให้ใช้น้ำตัวอย่างที่จะรีดิวซ์ต่อไปล้างประมาณ 30 ml แต่ถ้าจะหยุดใช่ให้ล้างด้วย Ammonium chloride solution แล้วเติม Dilute ammonium chloride solution ไว้เพื่อไม่ให้คอลัมน์แห้ง ปกติแล้วคอลัมน์จะใช้ได้หลายอาทิตย์แต่ถ้าคอลัมน์เริ่มเสื่อมโดยสังเกตจากการทดสอบประสิทธิภาพการรีดิวซ์สารละลายมาตรฐานไนเตรท ให้เทแคดเมียมออกมาล้างด้วย 5% HCl แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ทำให้แห้งที่ 60°C แล้วเคลือบปรอทใหม่

5. การวิเคราะห์

หลังจากผ่าน Reduction column แล้วไม่เกิน 15 นาที ตวงตัวอย่างน้ำมา 50.0 ml เติม Sulfanilamide จำนวน 1.0 ml ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1.0 ml ผสมทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่า Absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ Wavelength 543 nm

3. วิธีวิเคราะห์ไนไตรท์

โดยใช้วิธี Colorimetric Method ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

สารเคมี

1. น้ำกลั่นแบบ Deionized distilled water

2. Sulfanilamide reagent

ผสม Conc HCl จำนวน 50 ml กับน้ำกลั่นจำนวน 300 ml แล้วเติม Sulfanilamide จำนวน 5 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml

3. N-(1-naphthyl) – ethylenediamine dihydrochloride solution

ละลาย 0.500 กรัม ของ dihydrochloride ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บในขวดสีชาในที่มืด เตรียมสารละลายใหม่ทุกๆเดือน หรือเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

4. Standard nitrite solution

ละลาย 0.4925 กรัม ของ $NaNO_2$ (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 60 นาที แล้วทำให้เย็นใน Desiccator) (น้ำหนักนี้คำนวณจาก $NaNO_2$ ที่มีความบริสุทธิ์ 99% ถ้า

เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ต่างจากนี้ให้คำนวณน้ำหนักใหม่ ถ้าจะให้ถูกต้องที่สุดให้ Standardize $NaNO_2$ solution ตามวิธีที่ระบุใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al, 1995) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 ml เก็บในขวดสีชาในที่มืด สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของNO_2 –N 100 mg/l

การเตรียม Standard curve

นำ Standard nitrite solution (100 mg/l) มา 10.00 ml ใส่ไว้ใน volumetric flask ปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 ml จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ NO_2–N 1.00 mg/l แล้วเตรียมสารละลายเพื่อทำ Standard curve ตามความเข้มข้นต่อไปนี้ (ใช้ volumetric pipet ในการดูดสาร) เตรียมความเข้มข้นของ Nitrite-Nitrogen ดังนี้คือ

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานของไนไตรท์ (Standard nitrite solution)

NO_2–N (mg/l)	จำนวน ml ของ10.00 mg/l NO_2–N ที่ Pipet มาแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น100 ml
0.00	0.00
0.02	2.00
0.04	4.00
0.06	6.00
0.08	8.00
0.10	10.00
0.15	15.00
0.20	20.00

การวิเคราะห์

กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 μm. ตวงตัวอย่างนำมา 50.0 ml. เติม Sulfanilamide จำนวน 1.0 ml. ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน1.0 ml ผสมทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ Wavelength 543 nm.

4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลาย

<u>สารเคมี</u>

1. Mangonous sulfate solution

ละลาย 364 กรัม ของ $MnSO_4.H_2O$ (หรือ 400 กรัม ของ $MnSO_4.2H_2O$ หรือ 480 กรัม ของ $MnSO_4.4H_2O$) ในน้ำกลั่น โดยใช้น้ำกลั่นประมาณ 700-800 mL ในการทำละลายก่อน เมื่อแมงกานีสละลายหมดแล้วให้กรองแล้วจึงเพิ่มปริมาตรให้เป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่น เก็บน้ำยาไว้ในขวดพลาสติก

2. Alkaline-Iodide-Azide solution

ใช้ NaOH 500 กรัม (หรือ KOH 700 กรัม) และ KI 150 กรัม (หรือ NaI 135 กรัม) ละลายในน้ำกลั่นและเจือจางให้ปริมาตรเป็น 1 ลิตร (ระหว่างที่ละลาย NaOH กับ KI สารละลายจะร้อน ควรทิ้งไว้ให้เย็นก่อนแล้วจึงเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรเป็น 1 ลิตร) เมื่อปริมาตรเป็น 1 ลิตรแล้วให้เติมสารละลาย Sodium azide (NaN_3) ซึ่งเตรียมจาก NaN_3 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 40 mL ใช้ขวดพลาสติกในการเก็บน้ำยา

3. Sulfuric acid , Conc. H_2SO_4

4. Starch indicator

ชั่งแป้งมัน 2 กรัมลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 100 mL นำไปต้มและคนในขณะต้มจนกระทั่งน้ำแป้งเปลี่ยนเป็นสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น เติมฟอร์มาลีน 0.5 mL เพื่อไม่ให้แป้งเสียง่าย

5. Standard sodium thiosulfate solution 0.025 N

ละลาย 6.205 กรัมของ$Na_2S_2O_3.5H_2O$ ในน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดและเย็นแล้ว จากนั้นทำปริมาตรให้เป็น 1,000 mL (การชั่งไม่จำเป็นต้องชั่งให้ได้ปริมาณที่เที่ยงตรงมาก เพราะต้องนำไปเทียบมาตรฐานอีกครั้งหนึ่งอยู่แล้ว) แล้วเติม NaOH ลงไป 1 กรัม (หรือคลอโรฟอร์มลงไป 5 หยด) เก็บในขวดสีชา

6. Standard potassium iodate solution 0.025 N(สำคัญ)

ละลาย 0.8917 กรัมของ KIO_3 (หรือ 0.8124 กรัมของ $KH(IO_3)_2$) โดยค่อยๆละลายในน้ำกลั่น และทำปริมาตรให้เป็น 1,000 mL

Standardization of sodium thiosulfate solution

ละลาย 2 กรัมของ KI ในน้ำกลั่นประมาณ 100 mL แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% (โดยปริมาตร) 10 mL จากนั้นเติม 0.025 N Standard potassium iodate solution 20.00 mL เจือจางเป็น

200 mL ด้วยน้ำกลั่น เสร็จแล้วนำไปไตเตรทกับน้ำยา Standard sodium thiosulfate solution ที่เตรียมไว้โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นใสไม่มีสี เมื่อทราบจำนวนปริมาตรของ Standard sodium thiosulfate solution ที่ใช้ไป จะสามรถคำนวณหา Normality ของ Standard sodium thiosulfate solution ได้จากสูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

5. วิธีวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำ

สารเคมี

1. Methyl orange indicator solution

ละลาย Methyl orange 0.5 กรัมในน้ำกลั่น 100 mL

2. Phenolphthalein indicator solution

ละลาย Phenolphthalein 0.5 กรัม ใน 95% ethyl alcohol 50 mL แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 mL

3. Standard sodium carbonate 0.02 N

ละลาย 1.060 กรัม ของ anhydrous Na_2CO_3 (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นใน desicator) ในน้ำกลั่นที่เดือดและเย็นแล้ว จากนั้นทำปริมาตรให้เป็น 1000 mL สารละลายนี้เตรียมแล้วต้องใช้ภายใน 2-3 ชั่วโมง

4. Standard sulfuric acid 0.02 N

เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 N ก่อน โดยนำกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.8 ml มาละลายในน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดและเย็นแล้วให้เป็น 1000 ml หลังจากนั้นนำ 0.1 NH_2SO_4 จำนวน 200 ml มาเจือจางในน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดและเย็นแล้วให้เป็น 1000 ml จะได้ 0.02 NH_2SO_4

Standardization of sulfuric acid solution

นำสารละลาย 0.02 N Na_2CO_3 จำนวน 20.00 ml มาใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดและเย็นแล้ว 80 ml หยด methyl orange indicator solution 4-8 หยด นำไปไตเตรทด้วย standardization sulfuric acid จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีส้ม คำนวณ Normality ของกรดซัลฟิวริกโดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

6. วิธีวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ

สารเคมี

1. Buffer solution

ละลาย 16.9 กรัม ของ NH_4Cl ใน 143 ml. Conc. NH_4OH จากนั้นละลาย 1.179 กรัม ของ disodium salt ของ EDTA และ 0.644 กรัม ของ $MgCl_2.6H_2O$ (ถ้าไม่มี $MgCl_2.6H_2O$ ให้ใช้ $MgSO_4.7H_2O$ ปริมาณ 0.780 กรัมแทน) ในน้ำกลั่น 50 ml. นำสารทั้งสองตัวมาเทรวมกันแล้วปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำกลั่นให้ได้ 250 ml. (ถ้าไม่มี disodium salt ของ EDTA ให้ใช้ magnesium salt ของ EDTA ปริมาณ 1.25 กรัมแทน แล้วปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำกลั่นให้ได้ 250 ml.)

2. Eriochrome Black T indicator

- ผสม 0.5 กรัม ของ Eriochrome Black T กับ 100 กรัม ของ NaCl ที่บดละเอียด

- หรือผสม 0.5 กรัม ของ Eriochrome Black T กับ 4.5 กรัม ของ hydroxylamine hydrochloride แล้วละลายใน 100 ml ของ 95 % ethyl alcohol

3. Standard calcium solution 0.010 M (สำคัญ)

ละลาย 1.000 กรัม ของ anhydrous $CaCO_3$ (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 150 ^0C เป็นเวลา 90 นาที แล้วทำให้เย็นใน desiccator) โดยค่อยๆ รินกรดเกลือ (HCL) 50 % โดยปริมาตรลงในบีกเกอร์ขนาด 500 ml ที่ใส่ anhydrous $CaCO_3$ ไว้ล้าค่อยๆ คนจนละลายหมด เติมน้ำกลั่นจำนวน 200 ml. แล้วต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์อิสระประมาณ 5-10 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วปรับ pH ให้เป็น 7 โดยใช้ 3N NH_4OH (ใช้ NH_3 Solution 25 % จำนวน 10 ml ผสมน้ำกลั่นเป็น 50 ml) หลังจากนั้นเทสารละลายใส่ volumetric flask และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1000 ml. (ซึ่ง 1 ml standard calcium solution = 1 mg $CaCO_3$)

4. Standard EDTA solution 0.01 M

ละลาย 3.723 กรัม disodium EDTA ในน้ำกลั่น 1000 ml. เพื่อนำไป standardize กับ standard calcium solution และคำนวณ mg $CaCO_3$ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1.0 ml. EDTA titrant ออกมา

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำระยะเวลา 6 วัน

ตารางที่ 1 ปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1	4.52	6.05	2.21	5.51	4.58	5.58	5.48	6.5	5.89	6.28	5.67	6.97
2	4.61	6.92	2.98	5.77	4.26	6.12	4.71	7.11	5.41	7.18	5.16	7.18
3	4.07	6.32	2.98	4.68	4.1	5.42	4.65	5.74	5.06	6.12	5.40	6.02
4	4.55	6.06	2.15	3.91	4.36	4.9	4.33	6.41	4.93	6.67	5.13	6.37
5	4.83	6.67	2.72	6.35	5.13	5.8	5.48	6.5	5.8	6.7	5.40	6.80
6	4.9	6.7	2.4	4.42	4.77	5.54	5.42	6.09	5.48	6.38	5.79	6.54
7	4.65	5.86	2.27	3.97	4.94	5.7	4.94	6.02	5.13	6.6	5.67	6.62

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1	6.86	7.22	6.68	6.82	6.62	6.88	6.65	6.98	6.57	6.85	6.74	6.95
2	6.81	7.31	6.77	7.04	6.77	7.05	6.54	6.96	6.45	6.96	6.63	6.90
3	6.81	7.01	6.69	6.63	6.76	7.06	6.63	6.9	6.43	6.78	6.65	6.82
4	6.9	7.12	6.68	6.83	6.76	7	7.58	6.89	6.62	6.88	6.71	6.83
5	6.97	7.34	6.84	6.9	6.97	7.07	6.75	6.97	6.72	6.9	6.87	6.96
6	7	7.2	6.86	7	6.93	7.17	6.77	7.11	6.73	7.05	6.88	7.04
7	6.87	7.22	6.76	6.98	6.73	7.09	6.7	7.01	6.68	6.96	6.83	6.97

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 3 แสดงอุณหภูมิ (°C)

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1	27.77	28.13	26.43	29.2	29.77	29.83	27.23	27.6	26.8	26.73	26.69	26.83
2	27.53	27.77	26.3	28.23	28.87	29.37	27.13	27.27	26.7	26.63	26.79	26.80
3	27.47	27.77	26.33	28.27	28.73	28.9	27.07	27.23	26.63	26.63	26.77	26.82
4	27.57	27.6	26.37	28.33	28.83	29.07	27.17	27.37	26.73	26.87	26.85	26.89
5	27.7	27.63	26.43	28.2	29.03	29.4	27.3	27.6	26.63	26.67	26.78	26.80
6	27.6	27.6	26.47	28.53	28.9	29.37	27.37	27.67	26.73	26.7	26.85	26.84
7	27.7	27.67	27.07	29.07	29.27	29.93	27.53	27.9	26.8	26.77	26.89	26.85

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 4 แสดงความเป็นด่างของน้ำ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1	21	27	23	21	23	19	19	18	13	14	18	16
2	16	22	21	18	20	16	18	16	16	16	23	24
3	18	22	19	17	21	14	18	16	17	16	23	23
4	21	24	20	18	20	17	20	19	17	17	20	21
5	20	26	21	20	21	20	19	16	16	17	23	25
6	28	22	18	23	20	19	19	18	20	20	25	25
7	18	25	21	21	21	19	17	18	19	20	22	25

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 5 แสดงค่าความกระด้างของน้ำ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1	16	13.4	13.9	14.1	14.7	14.7	17.6	15.5	15.5	16	22.0	21.5
2	16.5	17.6	14.1	14.7	15.2	14.9	15.5	15.7	16	17.1	22.7	22.4
3	28.3	34.1	27.5	32	31.5	32	33.9	36.3	41.9	38.4	56.4	54.8
4	41.3	74.1	37.6	60.5	50.4	55.7	53.3	61.1	82.9	57.3	93.3	85.1
5	17.9	17.6	16	16.5	16.8	16.5	16.2	16	17.9	19.2	23.0	23.7
6	16.8	18.4	15.5	17.6	16.8	18.1	18.1	18.9	21.9	19.2	24.7	23.3
7	28.8	38.9	28.3	37.9	33.1	34.9	35.5	40.5	44.3	40.5	52.0	51.9

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50,
6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 6 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1	19.2	21.43	17.3	11.39	24.3	22.93	22.77	22.6	21.47	22.4	21.5	20.5
2	16.63	18.77	12.97	9.94	14.1	14.6	14.63	14.2	14.77	14.4	16.4	16.6
3	19.8	18.47	15.6	11.27	20.6	22.07	21.1	22.4	21.9	21.8	26.8	27.2
4	16.33	25.47	15.8	17.2	26.73	29.6	28.03	30.2	29.23	30.8	36.2	36.3
5	18.1	9.75	16.1	10.66	18.03	18.13	18.03	17.67	17.87	14.9	18.1	16.7
6	10.78	10.84	12.47	8.28	14.37	14.63	14.57	14.53	14.7	15.0	17.4	17.0
7	17.33	11.47	16.57	11.6	77.83	22.57	20.4	23.1	21.23	19.0	25.0	22.8

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 7 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	0.83	0.78	0.84	0.75	0.73	0.57	0.48	0.35	0.24	0.19	0.11	0.09
2.	0.55	0.52	0.52	0.25	0.33	0.09	0.22	0.06	0.15	0.06	0.12	0.06
3.	1.35	0.58	0.38	0.13	0.24	0.11	0.24	0.06	0.20	0.06	0.16	0.06
4.	0.84	0.43	0.38	0.14	0.15	0.09	0.14	0.09	0.10	0.05	0.10	0.04
5.	0.78	0.38	0.54	0.33	0.41	0.11	0.27	0.07	0.15	0.05	0.11	0.05
6.	0.86	0.44	0.69	0.37	0.69	0.13	0.27	0.09	0.13	0.07	0.09	0.06
7.	0.67	0.32	0.46	0.29	0.35	0.17	0.72	0.12	0.11	0.05	0.10	0.06

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 8 ปริมาณไนไตรท์ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	0.307	0.288	0.318	0.349	0.400	0.389	0.461	0.445	0.461	0.461	0.442	0.428
2.	0.406	0.406	0.367	0.439	0.428	0.439	0.406	0.428	0.450	0.439	0.360	0.349
3.	0.406	0.428	0.406	0.439	0.417	0.439	0.406	0.417	0.411	0.349	0.225	0.164
4.	0.428	0.461	0.461	0.450	0.461	0.461	0.461	0.450	0.461	0.461	0.416	0.349
5.	0.334	0.412	0.373	0.439	0.439	0.450	0.461	0.450	0.461	0.439	0.382	0.225
6.	0.277	0.423	0.329	0.439	0.428	0.406	0.461	0.450	0.461	0.439	0.314	0.225
7.	0.400	0.417	0.439	0.439	0.461	0.461	0.461	0.461	0.461	0.450	0.374	0.360

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 9 ปริมาณไนเตรท (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	0.419	0.493	0.566	0.674	0.564	0.659	0.607	0.733	0.806	0.806	0.806	0.785
2.	0.659	0.649	0.593	0.681	0.764	0.607	0.764	0.680	0.743	0.754	0.743	0.733
3.	0.628	0.670	0.670	0.753	0.785	0.681	0.754	0.618	0.639	0.754	0.639	0.607
4.	0.701	0.701	0.775	0.796	0.785	0.785	0.785	0.748	0.764	0.754	0.764	0.754
5.	0.587	0.587	0.702	0.722	0.785	0.764	0.785	0.785	0.806	0.775	0.806	0.775
6.	0.513	0.576	0.416	0.638	0.785	0.712	0.785	0.785	0.785	0.712	0.785	0.748
7.	0.597	0.597	0.712	0.712	0.785	0.775	0.785	0.785	0.812	0.733	0.812	0.806

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	5.45	7.65	6.51	7.63	6.21	7.15	6.41	8.17	6.76	7.76	6.73	7.08
2.	4.90	7.18	6.28	7.63	5.74	7.37	5.61	8.30	6.86	7.82	6.57	7.21
3.	5.73	5.92	6.25	7.37	6.12	7.88	6.25	7.95	6.70	7.89	6.54	7.05
4.	5.32	6.06	6.25	6.15	5.64	6.54	5.58	6.89	5.86	6.15	6.37	7.08
5.	5.00	6.89	6.47	7.69	6.44	8.01	6.71	8.37	6.47	7.17	6.70	7.11
6.	6.09	6.70	6.37	7.43	5.86	7.91	5.83	8.17	6.19	6.86	6.18	7.05
7.	6.21	6.63	6.44	5.70	6.34	6.86	5.74	7.05	6.67	6.63	6.51	6.99

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 11 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	6.90	7.05	6.65	6.99	6.80	7.13	6.82	7.48	7.28	6.83	7.18	7.18
2.	6.81	6.83	6.83	7.21	6.84	7.35	6.76	7.66	7.28	7.01	7.26	7.11
3.	6.86	6.86	6.79	7.30	6.87	5.26	6.80	7.33	7.15	6.91	7.11	7.09
4.	6.79	6.77	6.80	7.06	6.77	7.11	6.66	6.94	7.07	7.06	7.07	7.01
5.	7.01	7.01	6.79	7.37	6.91	7.38	6.74	7.37	7.41	7.33	7.43	7.33
6.	7.02	7.03	6.90	7.48	7.01	7.50	6.92	7.49	7.37	7.40	7.42	7.48
7.	6.97	6.97	6.90	7.16	6.75	7.18	6.83	7.12	7.59	7.18	7.39	7.42

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 12 แสดงอุณหภูมิ (°C) [1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	26.57	26.93	30.50	30.60	30.10	30.37	28.10	30.03	28.60	27.83	29.50	29.37
2.	26.87	26.97	30.00	29.63	28.53	29.77	25.80	29.57	28.17	27.33	29.43	28.90
3.	26.90	27.00	30.03	29.73	28.50	29.47	26.17	29.33	28.00	27.63	29.33	28.80
4.	26.97	26.90	30.27	29.67	29.27	29.33	26.23	29.50	27.97	27.43	29.27	28.87
5.	26.93	26.93	30.23	30.00	29.53	30.37	26.00	29.73	27.97	27.53	29.23	28.90
6.	26.96	26.97	30.20	30.47	29.97	30.80	26.30	29.67	27.93	27.60	29.40	28.97
7.	26.97	26.93	30.47	30.07	30.97	31.60	27.37	31.10	28.10	27.83	29.77	29.43

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 13 แสดงความเป็นด่างของน้ำ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	23.83	18.33	20.00	19.67	25.67	26.00	29.67	35.33	36.33	37.00	40.67	42.67
2.	30.33	32.00	29.67	27.00	30.67	33.00	31.67	33.67	32.67	32.33	35.00	34.67
3.	29.00	30.00	28.00	26.33	30.33	31.67	30.00	30.67	33.33	35.33	37.00	41.00
4.	23.33	25.33	24.33	21.33	32.00	33.33	31.33	36.33	36.33	38.67	40.00	42.67
5.	30.00	32.67	26.00	23.33	33.00	33.33	37.33	35.33	46.67	46.47	50.33	51.00
6.	29.67	30.67	29.67	26.67	38.67	36.33	41.00	46.67	56.00	56.67	63.33	65.00
7.	25.00	29.67	25.00	22.67	34.33	34.00	38.67	39.67	45.00	47.33	47.00	49.00

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 14 แสดงค่าความกระด้างของน้ำ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	28.53	26.93	41.33	42.67	42.93	42.93	48.80	47.47	53.33	51.20	57.07	54.93
2.	29.33	27.73	40.00	40.00	36.27	35.47	37.07	35.73	32.00	32.00	38.40	35.46
3.	70.93	71.20	80.00	85.33	63.47	64.00	63.73	64.00	59.73	58.93	97.20	65.87
4.	103.73	112.80	120.00	122.67	112.00	113.60	101.33	103.20	96.00	92.80	106.40	101.07
5.	28.00	28.27	42.67	44.00	40.732	40.53	40.00	41.87	54.67	48.00	52.53	50.67
6.	27.47	27.47	45.60	41.33	46.13	47.73	52.00	53.87	56.53	56.53	68.53	65.33
7.	59.73	63.20	72.00	76.80	70.13	70.13	70.67	72.00	80.80	77.06	72.00	72.53

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 15 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	21.53	18.52	20.53	17.52	17.83	18.23	18.73	17.57	23.50	20.90	22.53	24.33
2.	18.07	18.73	17.67	17.30	15.37	15.40	19.40	18.67	15.17	14.97	17.86	16.67
3.	31.70	32.57	30.73	31.73	23.07	23.43	21.03	21.37	24.90	24.53	24.33	26.50
4.	43.17	41.77	42.53	42.33	36.90	38.30	33.97	34.03	34.93	34.53	30.43	36.76
5.	18.27	18.40	17.40	17.33	17.67	19.93	19.37	18.67	21.50	20.97	22.40	21.57
6.	20.13	18.97	19.03	18.67	19.27	19.07	19.37	19.30	25.03	24.83	24.80	26.73
7.	28.77	26.63	27.73	26.90	26.33	26.13	22.77	24.10	31.23	30.83	25.67	28.13

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 16 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	0.23	0.18	0.74	0.48	0.44	.28	0.35	0.28	0.31	0.26	0.27	0.26
2.	0.15	0.06	0.86	0.46	0.43	0.15	0.27	0.17	0.40	0.25	0.30	0.13
3.	0.19	0.03	0.75	0.44	0.43	0.24	0.37	0.18	0.30	0.20	0.25	0.15
4.	0.10	0.05	0.90	0.45	0.44	0.24	0.44	0.20	0.45	0.30	0.28	0.22
5.	0.15	0.06	1.00	0.40	0.44	0.22	0.28	0.19	0.34	0.22	0.31	0.16
6.	0.13	0.07	0.96	0.43	0.44	0.21	0.26	0.18	0.37	0.18	0.23	0.20
7.	0.11	0.05	0.94	0.44	0.47	0.20	0.35	0.22	0.36	0.21	0.27	0.22

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 17 ปริมาณไนไตรท์ (mg/l)[1]

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	0.456	0.456	0.401	0.312	0.295	0.255	0.390	0.242	0.342	0.173	0.412	0.312
2.	0.445	0.401	0.457	0.285	0.341	0.285	0.200	0.145	0.182	0.171	0.344	0.041
3.	0.407	0.344	0.457	0.256	0.285	0.216	0.324	0.176	0.184	0.161	0.229	0.114
4.	0.456	0.456	0.362	0.407	0.379	0.296	0.324	0.234	0.357	0.214	0.390	0.237
5.	0.456	0.434	0.352	0.270	0.289	0.231	0.333	0.194	0.316	0.189	0.362	0.102
6.	0.456	0.434	0.347	0.237	0.195	0.176	0.195	0.084	0.271	0.179	0.304	0.143
7.	0.456	0.445	0.299	0.217	0.215	0.161	0.225	0.175	0.262	0.242	0.355	0.183

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ตารางที่ 18 ปริมาณไนเตรท (mg/l)[1]

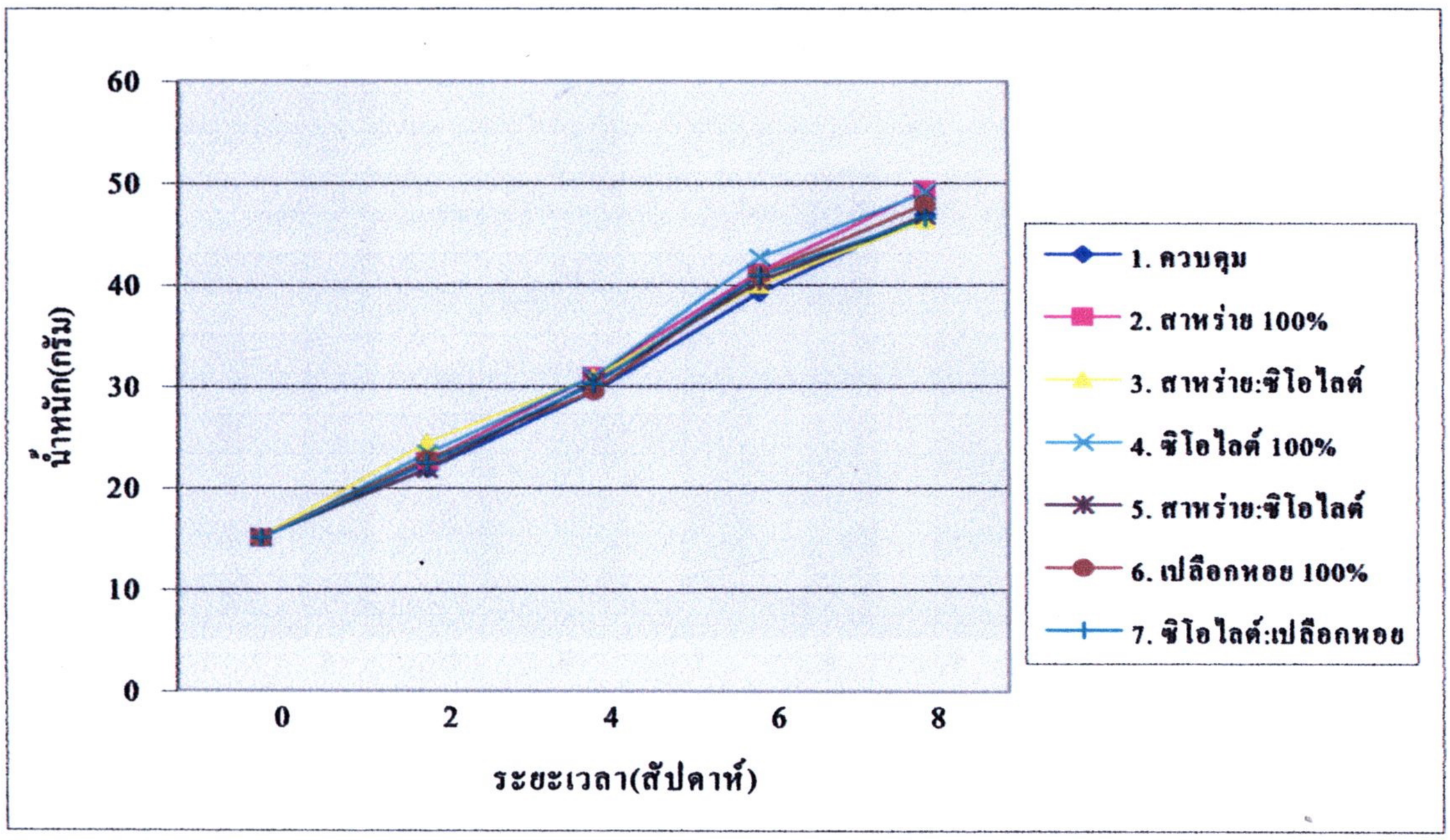
ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6	
	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง	ตู้	ถัง
1.	0.605	0.605	0.669	0.669	0.447	0.497	0.669	0.669	0.721	0.721	0.704	0.686
2.	0.576	0.555	0.669	0.669	0.618	0.618	0.669	0.652	0.721	0.721	0.686	0.600
3.	0.605	0.451	0.652	0.635	0.652	0.618	0.669	0.669	0.684	0.721	0.686	0.583
4.	0.560	0.549	0.652	0.669	0.635	0.618	0.652	0.652	0.704	0.721	0.669	0.557
5.	0.610	0.577	0.669	0.652	0.635	0.618	0.669	0.635	0.704	0.721	0.704	0.618
6.	0.582	0.516	0.669	0.652	0.618	0.618	0.669	0.652	0.721	0.721	0.721	0.721
7.	0.605	0.533	0.669	0.652	0.652	0.618	0.638	0.635	0.721	0.721	0.686	0.704

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

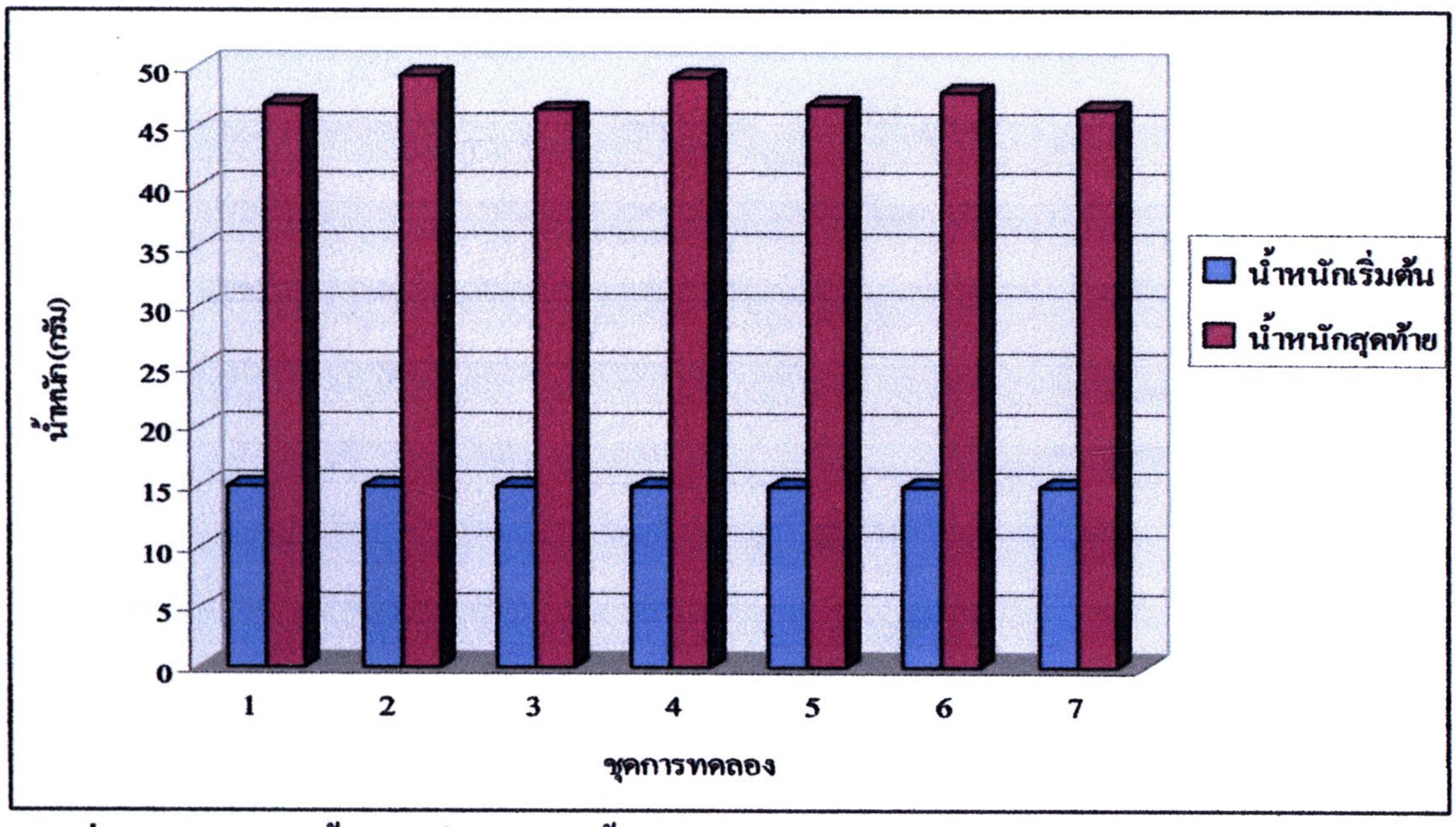
หมายเหตุ 1. ชุดควบคุม, 2. สาหร่ายหางกระรอก 100%, 3. สาหร่ายหางกระรอก : ซีโอไลต์ 50 : 50, 4. ซีโอไลต์ 100%, 5. สาหร่ายหางกระรอก : เปลือกหอยนางรม 50 : 50, 6. เปลือกหอยนางรม 100% และ 7. เปลือกหอยนางรม : ซีโอไลต์ 50 : 50

ภาคผนวก ค

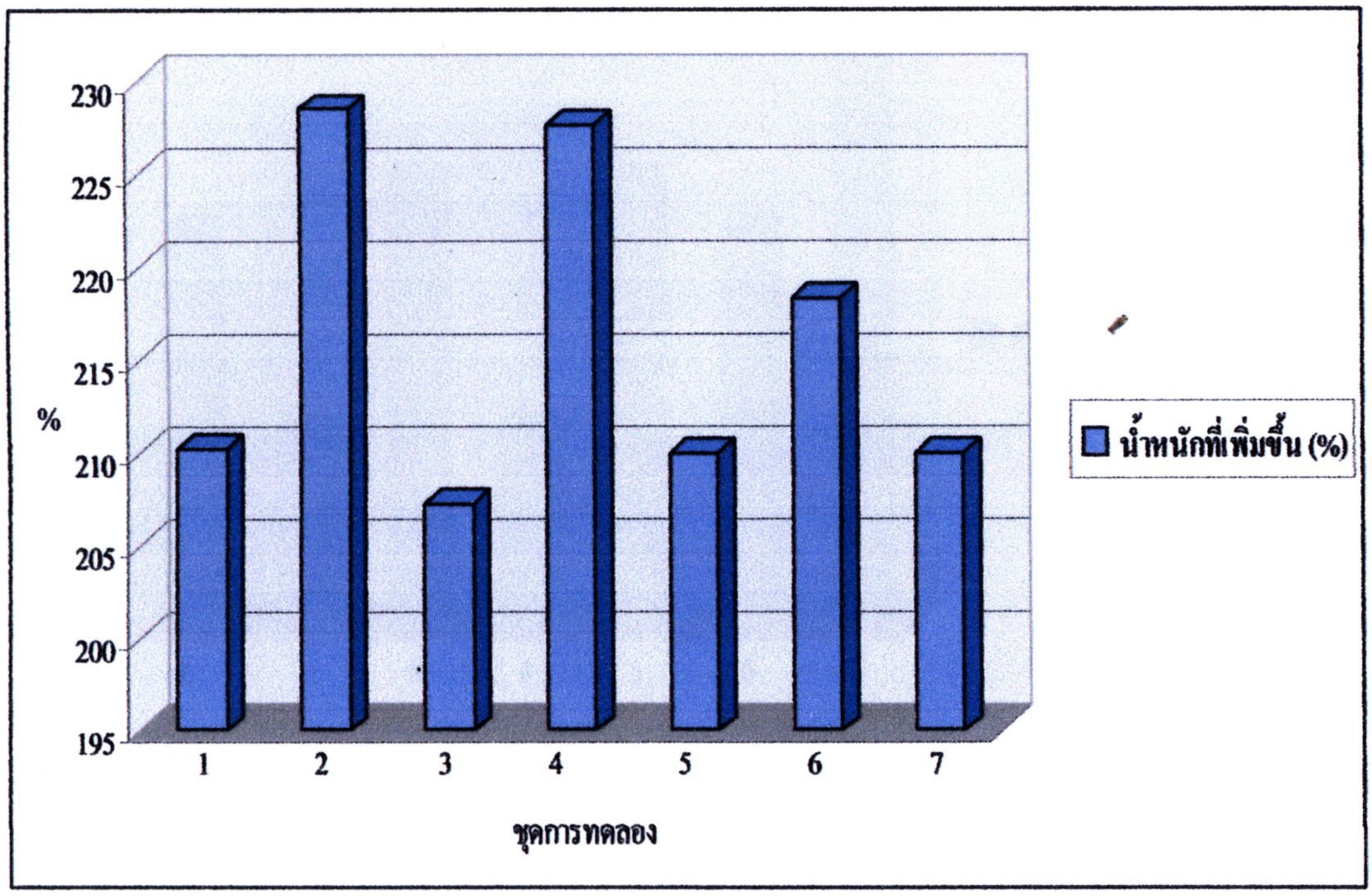
ภาพแสดงการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการดูดซับแอมโมเนีย



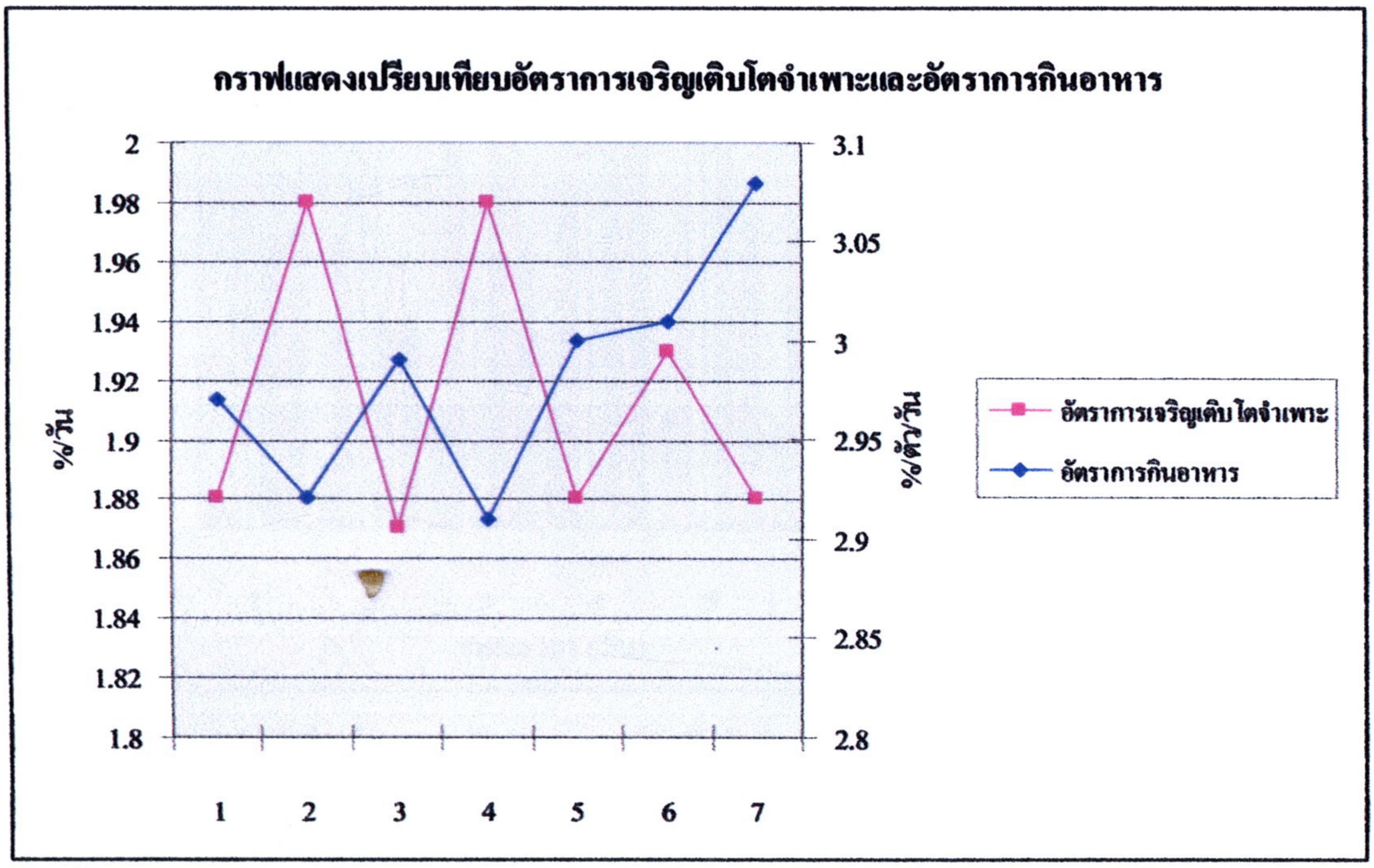
ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด



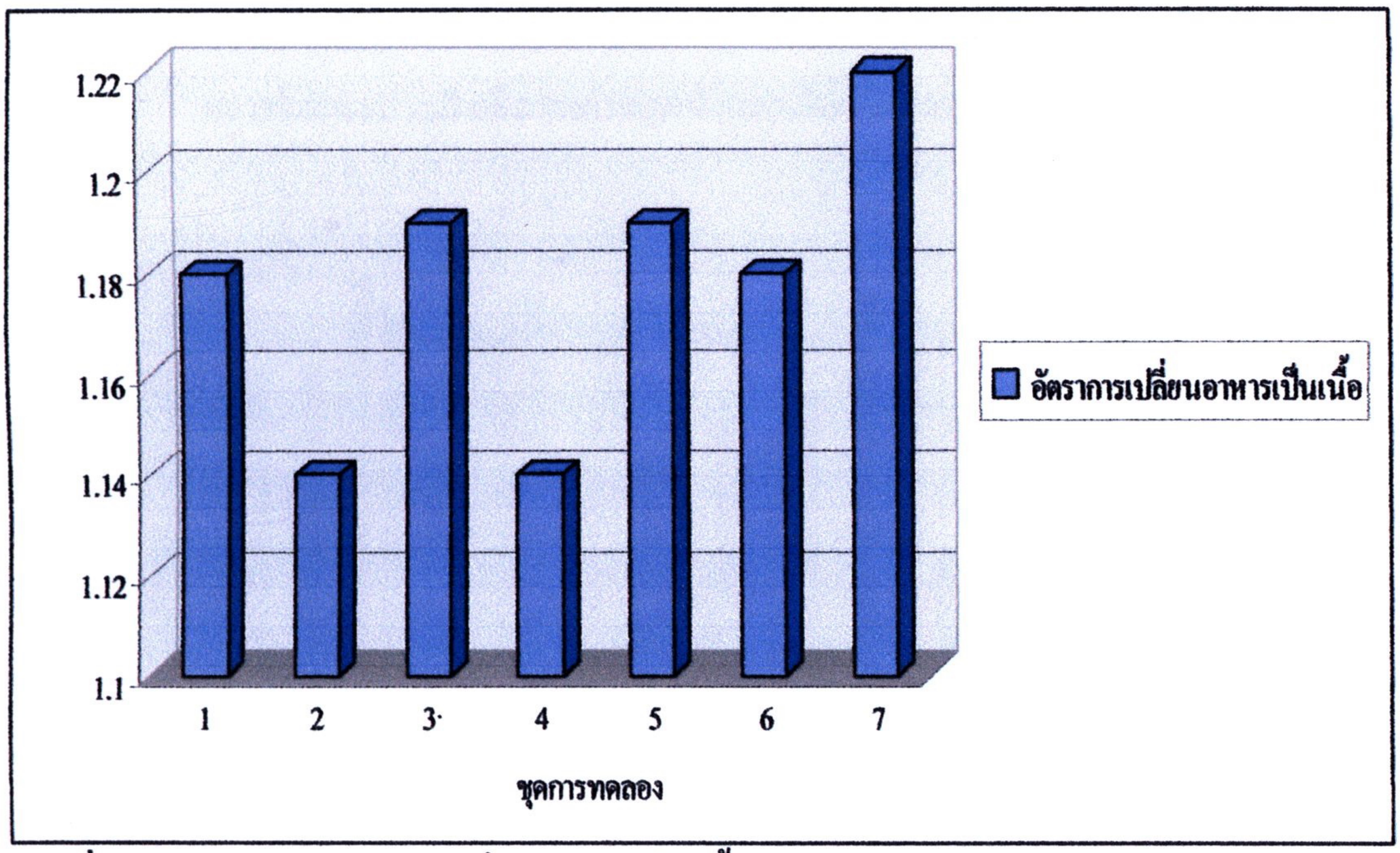
ภาพที่ 2 กราฟแสดงน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายของปลานิลแดงแปลงเพศ



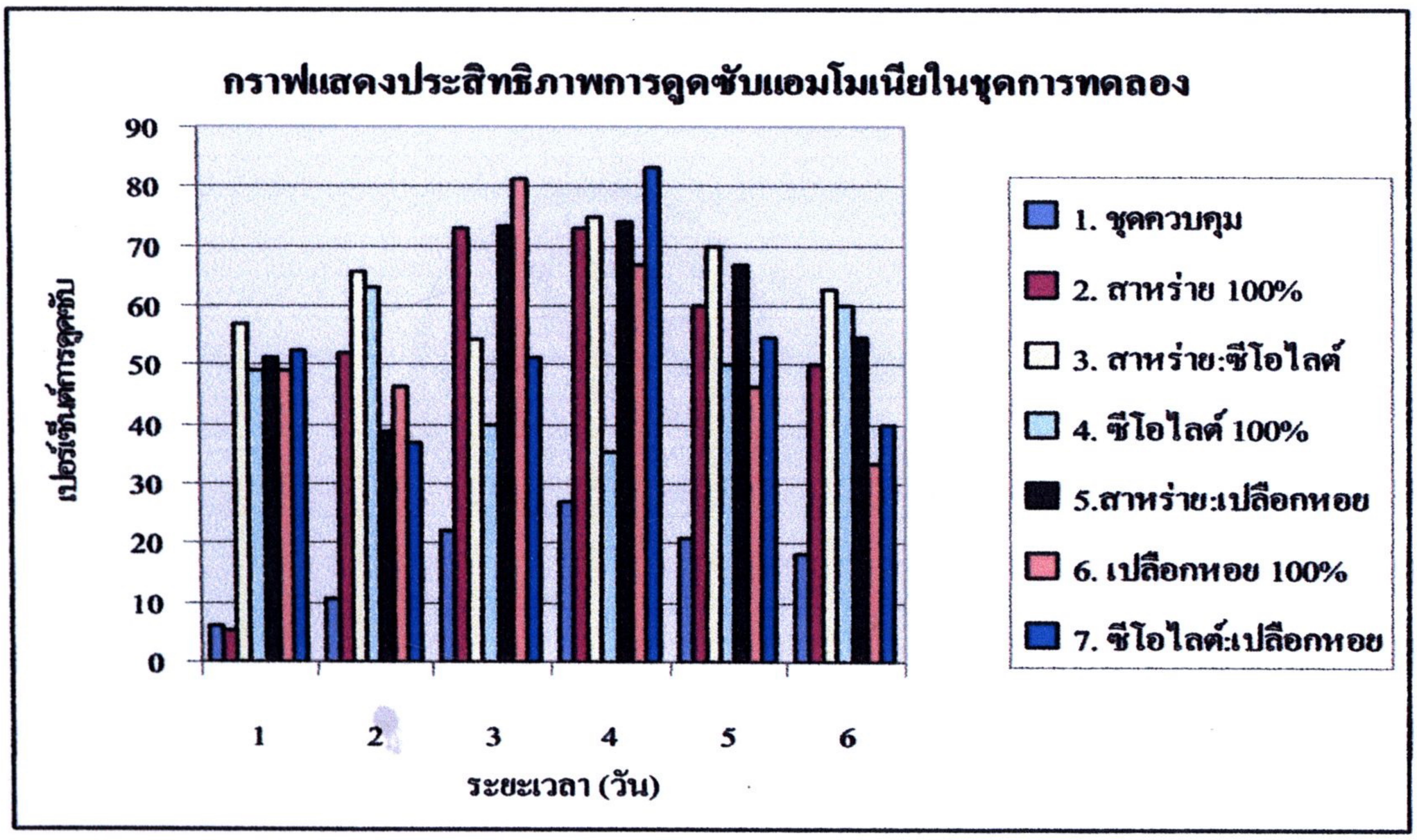
ภาพที่ 3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลแดงแปลงเพศ



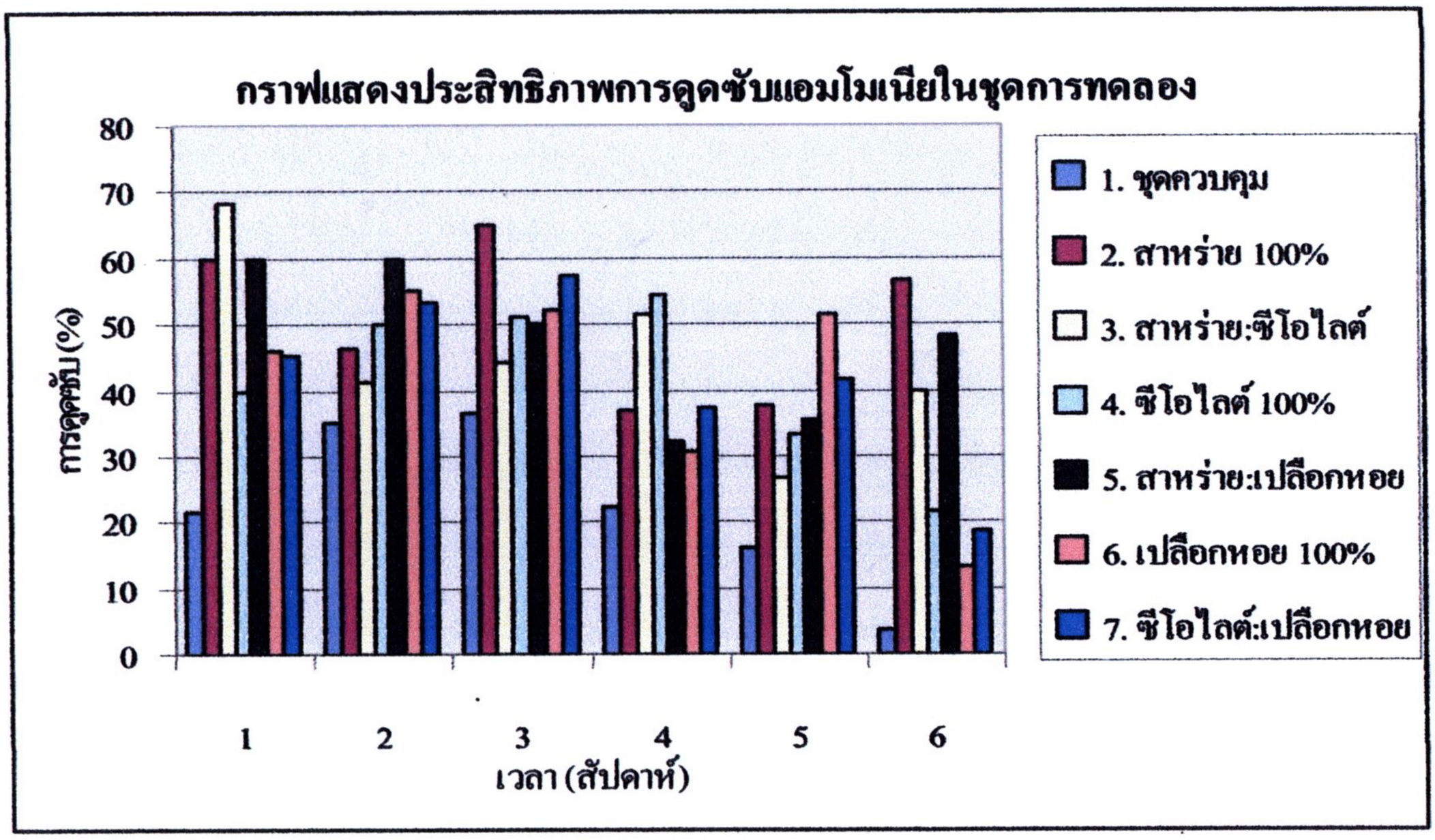
ภาพที่ 4 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการกินอาหารของปลานิลแดงแปลงเพศ



ภาพที่ 5 กราฟแสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแดงแปลงเพศ



ภาพที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับของแอมโมเนียในแต่ละชุดการทดลองระยะเวลา 6 วัน



ภาพที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับแอมโมเนีย ในแต่ละชุดการทดลองระยะเวลา 6 สัปดาห์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย