รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์ ประชา ยอดวานิช และธีระพล ติรวศิน. 2535 การกำจัดไวรัสโดยกระบวนการกรอง. โครงงานทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี จิตไมตรี. 2529. แบคทีเรียวิทยาทั่วไปและปฏิบัติการสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนาวรัตน์ ศิรินิรันดร์. 2537. การเพิ่มความเข้มข้น และการตรวจหาปริมาณโคลิฟาจในน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2537. วิศวกรรมการประปา. เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และจันทนา จันทโร. 2536.สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริมา ปัญญาเมธีกุล. 2538. ประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟาจโดยกระบวนการกรองด้วยเมมเบรน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุเมธ ชวเดช. 2532. เอกสารประกอบการสอนวิชา 266 525 (IND W S WASTE W TR) ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

American Water Works Association. 1992. Commetee Report: Membrane process in portable water treatment. Jour. AWWA 84: 59-67.

Applegate, L.E. 1984. Membrane separation process. Chem. Eng. 91: 84-89.

Belfort, G. 1984. Membrane methods in water and wastewater treatment. Synthetic membrane processes fundamentals and water applications, Orlando, Fla.: Academic Press. pp. 1-8.

Degremont. 1991. Separation by membrane. Water treatment handbook, Lavoisier. pp. 203-221, 823-840.

Freifelder, D.M. 1983. Molecular biology. America: Science books international.

Havelaar, A.H. 1986. F-Specific RNA Bacteriophages as model viruses in water treatment processes. Netherland.

Hurst, C.J., Benton, W.H., and Stetler, R.E. 1989. Detecting viruses in water Jour. AWWA. 81: 71-80.

Ironside, R. and Sourirajan, S. (1967). The reverse osmosis membrane separation technique for water pollution control. Water Res. 1: 179.

Jacangelo, J.G., Laine', J.M., Carns, K.E., Cummings, E.W., and Mallevialle, J. 1991. Low-pressure membrane filtration for removing Giardia and microbial indicators. Jour. AWWA. 83: 97-106.

Jacangelo, J.G., Adham, S.A. and Laine', J.M. 1995. Mechanism of Cryptosporidium, Giardia, and MS2 virus removal by MF and UF. Jour. AWWA. 87: 107-121

Kawamura, K., Nishimura, K., and Magara, Y. 1994. Coliphage rejection under ultramembrane filtration. International Water Specialists Conference. Perth, Australia.

Kemmer, F.M. 1988. Membrane Separation. Nalco Handbook. 2nd. ed. McGraw-Hill.

Knight, C.A. 1975. Chemistry of viruses. 2nd. ed. New York: Springer verlag.

Lisk, I. 1995. Membrane specislists gather for international conference. Water Engineering & Management. 142: 26-132

Luteweiler, P., Yohe, T. and Crist, E. 1991. Performance testing of hollow fibre membranes on a groundwater. American Water Works Association Specially Conference on Membrane Technology and Its Application in the Water Industry Orlando, Florida.

Mathews, F.E. 1983. Methods for the isolation and enumeration of enteroviruses from raw waters. Watson Ferguson and co.

Mc Kane, L., and Kandel, J. 1996. Microbiology: essentials and applications. 2nd. ed. New Aster: McGraw-Hill.

Melnick, J.L., Gerba, C.P., and Wallis, C. 1978. Virus in water. Bull. WHO. 56: 499-506.

Naranjo, J.E., Gerba, C.P., Bradford, S.M., and Irwin, J. 1993. Virus removal by an on-site wastewater treatment and recycling system. Water Sci. Technol. (United Kingdom). 27: 441-444.

Palmateer, G.A., et al. 1990. Coliphages and bacteriophages in Canadian drinking water. Wat. International. 15: 157-159.

Payment, P., Trudel, M., and Plante, R. 1985. Elimination of viruses and indicator bacteria at each step of treatment during preparation of drinking water at seven water treatment plants. Appl. Environ. Microbial. 49: 1418-1428.

Pelczar, M.J., Jr., Chan, E.C.S., and Krieg, N.R. 1986. Microbiology: concepts and application. pp. 403-421.

Pontius, F.W. 1996. Regulatory Compliance Using Membrane Processes. Jour. AWWA 88: 12-14.

Romicon. 1983. Ultrafiltration handbook. Massachusetts: Romicon.

Slade, J.S. 1985. Viruses and drinking water. Jour. of the Institution of Water Engineers and Scientists. 39: 78-80.

Stetler, R.E. 1984. Coliphages as indicators of enteroviruses. Appl. Environ. Microbiol. 48: 668-670.

Stratman, H. 1984. Water and Wastewater Treatment Experience in Europe and Japan using ultrafiltration. In G. Belfort (ed.). Synthetic membrane process fundamentals and water application, Orlando, Fla.: Academic Press. pp. 343-375.

Thebault, P. and Bersillon, J.L. 1990. Drinking water membranes. Clean water in Douchy for year 2000 . Techniques Science Methodes. 5:1

Tortaro, G.J., Funke, B.R., and Case, C.L. 1985. Microbiology: an introdution. 2nd. ed., Benjamin/Cumming. pp. 345-357

United States Environmental Protection Agency. 1989. Guidance manual for compliance with the filtration and disinfection requirements for public water systems using surface water sources.

Urase, T., Yamamoto, K., and Ohgaki, S. 1993. Evaluation of virus removal in membrane separation processes using coliphage Qbeta. Water Sci. Technol. (United Kingdom). 28 : 9-15.

Urase, T., Yamamoto, K., and Ohgaki, S. 1994. Effect of pore structure of membrane and module configuration on virus retention. Jour. of Membrane Science (Netherlands). 115: 21-29.

York, D.W., and Drewry, W.A. 1974. Virus removal by chemical coagulation. Jour. AWWA. 66: 711-716.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การทำความสะอาด การเตรียม และการสเตอริไลส์เครื่องแก้ว

การทำความสะอาด

ล้างเครื่องแก้วต่าง ๆ ด้วยสารซักฟอกที่เหมาะสมในน้ำอุ่นแล้วล้างสารซักฟอกออกให้หมด ผึ่งหรือเช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด ในกรณีที่เป็นเครื่องแก้วที่ปนเปื้อนแบคทีเรียแล้ว ก่อนล้างต้องฆ่าแบคทีเรียที่ติดอยู่เสียก่อน โดยปฏิบัติดังนี้

- ไปเปต (pipet) ให้แช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น 10.5% caustic soda หรือhypochlorite ซึ่งมี free residual chlorine ไม่ต่ำกว่า 1000 mg/l หรือน้ำยาฆ่าเชื้ออื่น ๆ ที่เหมาะสมนานไม่ต่ำกว่า 30 นาที
- จานเพาะเชื้อ (Petri dish) หลอดทดลอง และขวดต่าง ๆ หรือเครื่องแก้วอื่น ๆ ให้ต้มในน้ำซึ่งผสมด้วย washing soda หรือสารซักฟอก นานประมาณ 30 นาที หรือสเตอริไลส์ด้วยหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave)

ไม่เทอาหารเพาะเชื้อที่มีส่วนผสมของวุ้น (agar) ที่กำลังหลอมเหลวในอ่างล้างเพราะเมื่อวุ้นเย็นตัวลงจะแข็งตัว ทำให้ท่อระบายน้ำทิ้งอุดตันได้ ควรเจือจางด้วยน้ำประปาให้มาก ๆ เสียก่อนจึงเททิ้ง

การเตรียมเครื่องแก้วก่อนสเตอริไลส์

1. ไปเปต บรรจุในกระบอกใส่ไปเปต (pipet can) ชนิดทำด้วยอลูมินั่ม หรือเหล็กไร้สนิม (stainless steel) หลีกเลี่ยงชนิดที่ทำด้วยทองแดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-7.5 ซม. ยาวประมาณ 40 ซม. โดยให้ปลายที่จุ่มของเหลวอยู่ด้านก้นกระบอก ที่ก้นกระบอกควรรองด้วยใยแก้ว (glass wool) หรือผ้าแอสเบสตอส เพื่อกันการกระแทกของปลายไปเปตกับก้นกระบอก ซึ่งอาจทำให้ปลายไปเปตชำรุดเสียหายได้ ถ้าไม่มีกระบอกใส่ไปเปตใช้กระดาษคราฟท์ (kraft paper) ขนาด 14x50 ซม. พันห่อให้รอบแต่ละอันก็ได้

2. หลอดทดลอง ม้วนสำลีชนิดไม่ดูดซึม (nonabsorbent cotton) ถ้าไม่มีใช้สำลีธรรมดา (absorbent cotton) แทนก็ได้ ทำเป็นจุกสวมปากหลอดให้ลึกลงไปจากปากหลอดประมาณ 2-3 ซม. และมีส่วนเหนือปากหลอดประมาณ 2.5-3.5 ซม. อย่าให้จุกแน่นเกินไป หลอดทดลองซึ่งมี

จุกเกลียวซึ่งทนความร้อนได้ไม่สูงนัก ให้คลายเกลียวออกเล็กน้อยก่อนที่จะสเตอริไลส์ด้วยหม้อนึ่งอัดไอ และขันเกลียวให้แน่นภายหลังจากนำออกมาจากหม้อนึ่งอัดไอแล้ว พวกที่ใช้ครอบปากหลอดทำด้วยอลูมินั่ม (aluminum cap) นำเข้าสเตริไลส์ในตู้อบ (hot air oven) ได้เลย

3. ขวดต่าง ๆ เช่น ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง และขวดทำเจือจาง (sample and dilution bottle) ถ้าเป็นขวดจุกแก้ว ใช้แถบกระดาษกว้างประมาณ 0.7 ซม. ยาวประมาณ 10 ซม. พาดปากขวดก่อนจึงปิดจุก ทั้งนี้เพื่อป้องกันจุกติดแน่นกับขวดเปิดไม่ออก และดันคอขวดร้าว เนื่องจากจุกแก้ว และคอขวดขยายตัวไม่เท่ากันเมื่อถูกความร้อน และในกรณีที่สเตอริไลส์ด้วยหม้อนึ่งอัดไอพื้นผิวภายในขวดหรือสิ่งที่บรรจุอยู่จะได้สัมผัสกับไอน้ำความดัน อาจหุ้มจุกและคอขวดด้วยอลูมินั่มแผ่นบาง ๆ (aluminum foil) หรือด้วยกระดาษคราฟท์ แล้วผูกด้วยเชือก ขวดที่มีจุกเกลียวทนความร้อนได้ไม่สูงนัก ก่อนสเตริไลส์ปฏิบัติเช่นเดียวกับหลอดทดลองที่มีจุกเกลียว

4. จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ชนิดที่ทำด้วยแก้วที่ใช้ทั่วไป ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.0 ซม. ห่อด้วยกระดาษคราฟท์ อาจห่อได้จำนวนแต่ละห่อต่าง ๆ กันจนถึง 5 จาน โดยใช้กระดาษคราฟท์สี่เหลี่ยมจตุรัส กว้างด้านละ 45 ซม. หรือใส่กระบอกโลหะขนาดโตพอ ลักษณะคล้ายกระบอกใส่ไปเปตก็ได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่ทำด้วยทองแดง ปัจจุบันมีจานเพาะเชื้อที่ทำด้วยพลาสติกซึ่งสเตริไลส์แล้วจากโรงงานผู้ผลิต สามารถนำมาใช้งานได้ทันที แต่มีราคาแพงสำหรับประเทศเรา

5. กระบอกตวง (measuring cylinder) ใช้อลูมินั่มแผ่นบาง ๆ หรือกระดาษคราฟท์ครอบปิดปากไว้ ลึกจากปากลงมาประมาณ 4-6 ซม. ถ้าใช้กระดาษคราฟท์ต้องผูกด้วยเชือกให้แน่น

6. บีกเกอร์ (beaker) ปฏิบัติเช่นเดียวกับกระบอกตวง ถ้าเป็นขนาดเล็กให้ห่อด้วยกระดาษคราฟท์

7. ขวดชมพู่ (conical flask) ปิดจุกด้วยสำลีลึกลงไปในคอขวดประมาณ 3-5 ซม. และให้มีส่วนเหนือปากขวดประมาณ 3-6 ซม. อาจหุ้มด้วยแผ่นอลูมินั่มบาง ๆ หรือกระดาษคราฟท์อีกชั้นหนึ่งก็ได้

การสเตอริไลส์

นำเครื่องแก้วที่เตรียมไว้ข้างต้น ยกเว้นบางชนิดที่ต้องใช้หม้อนึ่งอัดไอ ใส่ในตู้อบ อย่าให้เบียดชิดมากเกินไป หรือซ้อนกันหลายชั้น เพื่อให้แต่ละชั้นได้รับอุณหภูมิสม่ำเสมอกัน ใช้อุณหภูมิที่ 160-170 องศาเซลเซียส นานไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วปิดสวิทช์ไฟฟ้าหรือแก๊ส ปล่อยให้เย็นลงช้า ๆ การเปิดตู้ทิ้งไว้ในขณะที่ภายในตู้ยังร้อนจัด อาจทำให้เครื่องแก้วแตกร้าวได้ เนื่องจากการลดอุณหภูมิอย่างกระทันหัน

สำหรับเครื่องแก้วที่มีส่วนประกอบทนความร้อนได้ไม่สูงนัก ให้สเตริไลส์ด้วยหม้อนึ่งอัดไอ ใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (1.2 kg/cm^2) นาน 15 นาที

เครื่องมืออื่น ๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว เช่น กรวยกรอง ฐานรับเยื่อกรอง (filter base) ตลอดจนเยื่อกรอง (membrane filter) และแผ่นซับ (absorbent pad) ที่ใช้ในวิธีการทดลอง ให้ห่อด้วยกระดาษคราฟท์ แล้วสเตอริไลส์ด้วยหม้อนึ่งอัดไอ

เก็บเครื่องแก้วทั้งหมดที่สเตริไลส์แล้วไว้ในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง หรือในที่ที่ไม่มีลมพัดผ่านไปมาสะดวก เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

อาหารเพาะเชื้อ และการเตรียม

อาหารเพาะเชื้อ (culture media) สำหรับเพาะเชื้อแบคทีเรียมีมากมายหลายชนิด ตามวัตถุประสงค์ของการใช้ บางชนิดมีส่วนผสมประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด และวิธีเตรียมค่อนข้างซับซ้อน เป็นการสิ้นเปลืองในการที่จะจัดหาสารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้ไว้ให้ครบ และเป็นการยากที่จะทำให้การเตรียมแต่ละครั้งมีส่วนประกอบเหมือนกัน โดยละเอียดทุกประการ นอกจากนั้นยังเป็นการสิ้นเปลืองเวลาในการเตรียมแต่ละครั้งด้วย ถ้าจัดเตรียมไว้ปริมาณมาก ๆ ก็จะเกิดปัญหาในการเก็บรักษาโดยเฉพาะกรณีที่ใช้ไม่มากพอ และบ่อยนัก ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกที่จะใช้อาหารเพาะเชื้อสำเร็จรูปซึ่งผลิตโดยบริษัทต่าง ๆ ที่เชื่อถือได้ เช่น บริษัท Difco สหรัฐฯ บริษัท Oxoid อังกฤษ บริษัท BBL สหรัฐฯ เป็นต้น

<u>การเก็บรักษาอาหารเพาะเชื้อ</u>

อาหารเพาะเชื้อสำเร็จรูปหลังจากเปิดใช้แล้วให้ปิดจุกให้แน่นเก็บไว้ในที่มืด และมีความชื้นน้อย ๆ อุณหภูมิควรต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ถ้าเกิดการเปลี่ยนสี หรือจับตัวกันเป็นก้อนแข็งไม่ควรนำมาใช้ ควรซื้อขนาดบรรจุน้อย ๆ และใช้ภายใน 6 เดือน หลังจากเปิดใช้ครั้งแรก

อาหารเพาะเชื้อที่สเตริไลส์แล้ว ในภาชนะหนึ่งใดควรใช้ให้หมดภายใน 1 สัปดาห์ แต่ถ้าภาชนะนั้นมีจุกเกลียวปิดแน่น อาจเก็บไว้ได้นานถึง 3 เดือน เก็บอาหารเพาะเชื้อในที่เย็น ๆ ไม่ถูกแสงแดดโดยตรง ระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อน และมีโอกาสระเหยได้มากเกินไป

<u>การเตรียมอาหารเพาะเชื้อ</u>

ส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของอาหารเพาะเชื้อ คือ น้ำ น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำกลั่นหรือน้ำที่ผ่านการ deionize มาแล้ว และเก็บในขวดที่สะอาดไม่ใกล้แสงแดด เพราะอาจจะเกิดสาหร่ายในน้ำได้ ถ้าใช้อาหารเพาะเชื้อสำเร็จรูป ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำเฉพาะชนิดของผู้ผลิต ถ้าเป็นชนิดที่มีวุ้นผสมอยู่ด้วย ขณะที่ต้มต้องหมั่นกวนบ่อย ๆ ป้องกันวุ้นติดภาชนะ และอาจจะไหม้ได้ ช้อนฟองเหนียว ๆ ทิ้งเสีย ต้มพอให้วุ้นละลายหมดดี ไม่ควรต้มนานจนเกินไป แบ่งใส่ภาชนะต่าง ๆ ตามต้องการก่อนนำไปสเตริไลส์ อาหารเพาะเชื้อที่มีวุ้นเป็นส่วนประกอบที่แข็งตัวแล้วในภาชนะที่สเตอริไลส์แล้ว ถ้าต้องการทำให้หลอมเหลวอีก อย่าตั้งภาชนะบนไฟโดยตรง ให้หล่อในน้ำต้ม

เดือดจนละลายหมด หรืออบไอน้ำในหม้อนึ่งอัดไอ โดยไม่ต้องมีความดัน อาหารเพาะเชื้อที่สเตริไลส์แล้ว ถ้าเกิดการปนเปื้อนให้ทิ้งไปไม่ควรนำมาสเตอริไลส์ซ้ำ

การปรับระดับ pH ของอาหารเพาะเชื้อ

อาหารเพาะเชื้อที่เตรียมแล้ว อาจมีความจำเป็นต้องปรับ pH ตามแต่ชนิด ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือกรดไฮโดรคลอริก ปรับระดับโดยใช้เครื่องวัด pH ช่วย สำหรับอาหารเพาะเชื้อสำเร็จรูปมักไม่มีปัญหานี้

การสเตริไลส์อาหารเพาะเชื้อ

ควรนำอาหารเพาะเชื้อที่เตรียมแล้วสเตริไลส์ภายใน 2 ชั่วโมง โดยใช้หม้อนึ่งอัดไอ ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นรีบนำออกจากหม้อนึ่งอัดไอ และทำให้เย็นโดยเร็ว เพื่อไม่ให้ได้รับความร้อนนานเกินไป ส่วนผสมบางอย่างอาจสลายตัวได้ เช่น ชนิดที่มีส่วนผสมของน้ำตาลแลคโตส หรืออื่น ๆ ที่ทนความร้อนสูงนาน ๆ ไม่ได้ ควรทำให้หม้อนึ่งอัดไอมีน้ำเดือดเสียก่อน แล้วจึงนำอาหารเพาะเชื้อใส่ลงไป เมื่อสเตริไลส์แล้วรีบนำออกมาทำให้เย็นลงเร็ว ๆ เพื่อลดเวลาที่อาหารเพาะเชื้อนั้นจะสัมผัสความร้อน ซึ่งทั้งนี้รวมเวลาทั้งหมดในการสเตริไลส์ไม่ควรนานเกิน 45 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การย้อมแบคทีเรียแบบแกรม (Gram stain)

การย้อมแบคทีเรียแบบแกรม ได้มีผู้ดัดแปลงจากของเดิมของ Christian Gram นายแพทย์ชาวเดนมาร์กไว้หลายแบบ แบบที่นำมาปฏิบัติในที่นี้เป็นแบบที่ดัดแปลงโดย Hucker (Hucker's modification) แบคทีเรียที่จะนำมาย้อมควรมีอายุระหว่าง 24-48 ชั่วโมงและเพาะไว้บนผิวของอาหารเพาะเชื้อชนิดแข็ง (solid media) เช่น nutrient agar พวกที่มีอายุมาก ๆ อาจทำให้ผลการย้อมผิดพลาดได้

<u>สารละลายที่ใช้ และการเตรียม</u>

1. Ammonium oxalate-crystal violet solution

ละลาย crystal violet (ปริมาณเนื้อสีไม่ต่ำกว่า 90 %) 2 กรัม ในเอธิลแอลกอฮอล์ (95%) 20 มิลลิลิตร ละลาย ammonium oxalate 0.3 กรัม ในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ผสมสารละลาย ทั้งสองเข้าด้วยกัน ทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง

2. Lugol's iodine solution

บดผนึกไอโอดีน 1 กรัม และโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2กรัม ในโกร่ง (mortar) จนละเอียด เติมน้ำกลั่นทีละน้อย และบดต่อไปเรื่อย ๆ สลับกับการเติมน้ำกลั่นทีละน้อย จนละลายดีแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนครบ 300 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวดสีน้ำตาลไว้ใช้ต่อไป สารละลายนี้ถ้าเก็บไว้นาน และเปลี่ยนสีเหลืองแทนที่จะเป็นสีน้ำตาล ไม่ควรนำมาใช้

3. Acetone-alcohol solution

ผสมเอธิลแอลกอฮอล์ 95% กับ acetone ในปริมาณที่เท่า ๆ กัน

4. Safranin solution

ละลาย safranin 2.5 กรัม ในเอธิลแอลกอฮอล์ (95%) 100 มิลลิลิตร (เป็น stock solution) นำสารละลายนี้มา 10 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เพื่อเป็นสารละลายที่จะใช้งาน

เพื่อความสะดวกในการใช้งาน บรรจุสารละลายทั้ง 4 นี้ในขวดสำหรับหยด หรือขวดที่มีหลอดสำหรับหยด

วิธีย้อม (Staining procedure)

ก่อนย้อมควรล้างสไลด์ให้สะอาดเสียก่อน ถ้าสไลด์ไม่สะอาดพอ แบคทีเรียที่เกลี่ย (smear) และทำให้ติด (fix) ไว้อาจหลุดออกในระหว่างขั้นต่าง ๆ ของการย้อมได้ ล้างสไลด์ด้วยสารซักฟอกแล้วล้างออกให้หมด แช่ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95% แล้วเช็ดให้แห้ง หรือเผาเอธิลแอลกอฮอล์ให้ไหม้หมดไปจนแห้ง แล้วปล่อยให้เย็น

1. การเกลี่ย หยดน้ำกลั่น 1 หยด ลงบนสไลด์ ใช้ loop ลนเปลวไฟจนร้อนแดง และทำให้เย็นลงโดยส่ายไปมาในอากาศ แตะโคโลนีแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อที่จัดไว้มาเล็กน้อย เกลี่ยไปมาในหยดน้ำบนสไลด์จนขุ่นจาง ๆ สม่ำเสมอกัน และแผ่ให้เป็นฟิลม์บาง ๆ กระจายออกไปเป็นพื้นที่ประมาณ 1 ตารางเซ็นติเมตร เพื่อเป็นการประหยัดเวลาสไลด์ 1 แผ่น อาจย้อมได้ 2-3 ตัวอย่าง โดยเกลี่ยบนผิวสไลด์ให้ห่างกันพอสมควร และทำเครื่องหมายของแต่ละตัวอย่างไว้

2. การทำให้ติด ปล่อยสไลด์ไว้เฉย ๆ จนฟิล์มที่เกลี่ยไว้แห้ง (air dry) หรือใช้นิ้วจับขอบปลายด้านหนึ่งของสไลด์แล้วลนสไลด์ผ่านเปลวไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์เร็ว ๆ 2-3 ครั้ง พออุ่น ๆ ปล่อยให้แห้ง และเย็นตัวลง (heat fix) ในขั้นนี้แบคทีเรียที่เกลี่ยไว้เป็นฟิลม์บาง ๆ จะเกาะติดกับสไลด์

3. การย้อมขั้นต้น (primary stain) หยด ammonium oxalate-crystal violet ลงไปจนท่วมบริเวณที่เกลี่ยไว้ ทิ้งไว้นาน 1 นาที แล้วล้างออกโดยใช้นิ้วจับขอบปลายด้านหนึ่งของสไลด์เอียง 45 องศา ปล่อยให้กระแสน้ำจากก๊อกประปาซึ่งไหลอ่อน ๆ ชะผ่าน จนไม่มีสีไหลออกมาอีก

4. การทำให้สีติดแน่น (mordant) หยด Lugol's iodine จนท่วมบริเวณที่เกลี่ยไว้ ทิ้งไว้นาน 1 นาที แล้วล้างออกเช่นเดียวกับในข้อ 3

5. การชะล้างสี (decolorize) จับสไลด์เอียงดังการล้าง แล้วหยด acetone-alcohol ลงไปเหนือบริเวณที่เกลี่ยไว้เรื่อย ๆ ปล่อยให้สีถูกชะล้างลงมาทางปลายล่างของสไลด์จนไม่มีสีถูกชะออกมาอีก ใช้เวลานาน 15-30 วินาที ล้างด้วยน้ำอีกครั้ง

6. การย้อมสีตัดกัน (counterstain) หยด safranin ให้ท่วม ทิ้งไว้นาน 15-30 วินาที แล้วล้างครั้งสุดท้าย ซับด้วยกระดาษซับเบา ๆ ทั้งด้านหน้า และด้านหลังสไลด์ โดยสอดสไลด์เข้าไประหว่างแผ่นกระดาษซับซึ่งเย็บเป็นเล่ม (bibulous paper) จนแห้ง หยด immersion oil ลงบริเวณที่เกลี่ยไว้แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้ oil immersion objective lens

<u>การรายงานผล</u>

แบคทีเรียที่ย้อมติดสีน้ำเงิน หรือสีม่วงของ crystal violet เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (grampositive) ที่ติดสีแดงของ safranin เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (gramnegative)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การแยกแบคทีเรียพันธุ์บริสุทธิ์ (pure culture) ด้วยวิธี Streak plate

เครื่องมือ และวัสดุ

1. แบคทีเรียพันธุ์ผสมในจานเพาะเชื้อ
2. loop
3. sterile EMB agar ในจานเพาะเชื้อ

วิธีการปฏิบัติ

1. ให้ลนไฟ loop จนร้อนแดง ทิ้งให้เย็น แง้มฝาจาน แตะโคโลนีที่ต้องการมาเล็กน้อย แล้ว streak บนผิวของ EMB agar

2. การ streak ควรใช้วิธี cross streak เพื่อที่จะได้โคโลนีที่อยู่ห่าง ๆ กัน (discrete colony) โดยเริ่มต้น streak ที่ใกล้ขอบด้านหนึ่งของจานไปมา 10-20 ขีด หมุนจานไปประมาณ 90 องศา แล้ว streak ผ่านรอยเดิมอีก 10-20 ขีด และหมุนจานต่อไปอีก 90 องศา streak ซ้ำอีก 10-20 ขีด ทำเช่นเดียวกันต่อไปจนหมดพื้นที่บนผิวของ agar ลนไฟ loop อีกครั้งก่อนเก็บ

3. รีบปิดฝาจาน เขียนเครื่องหมายบนฝาจาน คว่ำจานแล้วนำเข้าบ่มในตู้บ่ม (incubator) ที่ 36 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

4. ครบเวลาบ่ม นำจานมาตรวจผล ใช้ sterile loop แตะโคโลนีที่ต้องการที่อยู่ห่าง ๆ กับโคโลนีอื่น ๆ แล้ว streak และบ่มตามข้อ 2 และ 3

ภาคผนวก จ

ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางแสดงจำนวนชุดการทดลอง

ขนาดรูเมมเบรน (ไมครอน)	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนชุดการทดลองที่อัตรากรอง (ลิตร/นาที) ต่าง ๆ กัน			
		0.5	1.0	1.5	2.0
0.1	น้ำประปาเติมอีโคไล	1	1	1	1
	น้ำประปาเติมโคลิฟาจ	1	1	1	1
	น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ	3	3	3	3
0.03	น้ำประปาเติมอีโคไล	1	1	1	
	น้ำประปาเติมโคลิฟาจ	1	1	1	
	น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ	3	3	3	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงลำดับชุดการทดลอง

การทดลองชุดที่	ขนาดรูเมมเบรน (ไมครอน)	ตัวอย่างน้ำ	อัตรากรอง (ลิตร/นาที)
1	0.1	น้ำประปาเติมอีโคไล	0.5
2			1.0
3			1.5
4			2.0
5	0.03	น้ำประปาเติมอีโคไล	0.5
6			1.0
7			1.5
8	0.1	น้ำประปาเติมโคลิฟาจ	0.5
9			1.0
10			1.5
11			2.0
12	0.03	น้ำประปาเติมโคลิฟาจ	0.5
13			1.0
14			1.5
15-17	0.1	น้ำประปาเติมอีโคไล และโคลิฟาจ	0.5
18-20			1.0
21-23			1.5
24-26			2.0
27-29	0.03	น้ำประปาเติมอีโคไล และโคลิฟาจ	0.5
30-32			1.0
33-35			1.5

ผลการทดลองชุดที่ 1 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
13-14/08/39	0	0.2	$1.1x10^{8}$	
	15	0.2		ตรวจไม่พบ
	270	0.3		
	530	0.4		ตรวจไม่พบ
	720	0.5		
	900	0.6		ตรวจไม่พบ
	1030	0.7		
	1120	0.8		ตรวจไม่พบ
	1240	0.9		
	1320	1.0		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 2 อัตราการกรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
21/08/39	0	0.6	$9.1x10^{7}$	
	15	0.6		ตรวจไม่พบ
	60	0.7		
	120	0.8		ตรวจไม่พบ
	200	0.9		
	300	1.0		ตรวจไม่พบ
	360	1.1		
	400	1.2		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 3 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
2/09/39	0	1.1	$1.0x10^8$	
	15	1.1		ตรวจไม่พบ
	50	1.2		
	90	1.3		ตรวจไม่พบ
	130	1.4		
	160	1.5		ตรวจไม่พบ
	180	1.6		

ผลการทดลองชุดที่ 4 อัตราการกรอง 2.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
2/09/39	0	1.5	$1.0x10^8$	
	10	1.6		ตรวจไม่พบ
	20	1.7		
	30	1.8		ตรวจไม่พบ
	35	1.9		
	40	2.0		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 5 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
4/09/39	0	0.6	$4.5x10^7$	
	15	0.6		ตรวจไม่พบ
	60	0.7		
	110	0.8		ตรวจไม่พบ
	150	0.9		
	170	1.0		ตรวจไม่พบ
	190	1.1		

ผลการทดลองชุดที่ 6 อัตราการกรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
9/09/39	0	1.1	$9.7x10^7$	
	30	1.2		
	60	1.3		ตรวจไม่พบ
	90	1.4		
	110	1.5		ตรวจไม่พบ
	130	1.6		
	150	1.7		ตรวจไม่พบ
	160	1.8		
	165	1.9		
	170	2.0		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 7 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไล

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
10/09/39	0	1.8	$4.5x10^7$	
	10	1.9		
	20	2.0		ตรวจไม่พบ
	30	2.1		
	35	2.2		ตรวจไม่พบ
	40	2.3		
	45	2.4		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 8 อัตรากรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
18/11/39	0	0.2	$1.2x10^{7}$	
	15	0.2		$1.2x10^{3}$
	120	0.3		
	210	0.4		183
	270	0.5		
	320	0.6		199
	390	0.7		
	430	0.8		
	460	0.9		
	480	1.0		251

ผลการทดลองชุดที่ 9 อัตรากรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
20/11/39	0	0.7	$1.8x10^{7}$	
	30	0.8		199
	60	0.9		95
	80	1		135
	105	1.1		
	120	1.2		117

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 10 อัตรากรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
25/11/39	0	1.1	$1.0x10^7$	
	20	1.2		238
	40	1.3		
	60	1.4		
	70	1.5		55
	80	1.6		
	90	1.7		83
	95	1.8		
	100	1.9		
	105	2.0		75

ผลการทดลองชุดที่ 11 อัตรากรอง 2.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
25/11/39	0	1.4	$1.0x10^7$	
	10	1.5		55
	20	1.6		
	25	1.7		42
	30	1.8		
	35	1.9		
	40	2.0		53

ผลการทดลองชุดที่ 12 อัตรากรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
27/11/39	0	0.6	$7.3x10^6$	
	30	0.7		ตรวจไม่พบ
	60	0.8		
	90	0.9		ตรวจไม่พบ
	120	1.0		
	160	1.1		ตรวจไม่พบ
	180	1.2		

ผลการทดลองชุดที่ 13 อัตรากรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
2/12/39	0	1.0	$9.1x10^6$	
	30	1.1		ตรวจไม่พบ
	60	1.2		
	90	1.3		
	110	1.4		ตรวจไม่พบ
	120	1.5		
	130	1.6		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 14 อัตรากรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง
2/12/39	0	2.0	$9.1x10^6$	
	10	2.1		ตรวจไม่พบ
	20	2.2		
	25	2.3		ตรวจไม่พบ
	30	2.4		
	35	2.5		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 15 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
07/01/40	0	0.2	4.0×10^{8}		2.1×10^{7}	
	15	0.2		ตรวจไม่พบ		149
	180	0.3				
	300	0.4		ตรวจไม่พบ		63
	420	0.5				
	510	0.6				
	600	0.7		ตรวจไม่พบ		39
	660	0.8				
	720	0.9				
	750	1		ตรวจไม่พบ		51

ผลการทดลองชุดที่ 16 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
09/01/40	0	0.6	1.1×10^{8}		7.7×10^{6}	
	30	0.6		ตรวจไม่พบ		427
	60	0.7				
	80	0.8		ตรวจไม่พบ		83
	105	0.9				
	120	1		ตรวจไม่พบ		55

ผลการทดลองชุดที่ 17 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
14/01/40	0	0.65	9.4×10^7		1.3×10^7	
	20	0.65		ตรวจไม่พบ		117
	40	0.7				
	60	0.8		ตรวจไม่พบ		89
	70	0.9				
	105	1		ตรวจไม่พบ		59

ผลการทดลองชุดที่ 18 อัตราการกรอง 1 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
17/01/40	0	0.75	6.2×10^7		5.6×10^6	
	15	0.8		ตรวจไม่พบ		141
	60	0.9				
	120	1		ตรวจไม่พบ		115
	165	1.1				
	210	1.2		ตรวจไม่พบ		55
	240	1.3				
	270	1.4		ตรวจไม่พบ		42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 19 อัตราการกรอง 1 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
22/01/40	0	1.05	7.3×10^7		1.7×10^7	
	15	1.1		ตรวจไม่พบ		71
	60	1.2				
	90	1.3		ตรวจไม่พบ		49
	120	1.4				
	140	1.5				
	150	1.6		ตรวจไม่พบ		39

ผลการทดลองชุดที่ 20 อัตราการกรอง 1 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
22/01/40	0	1.2	7.3×10^7		1.7×10^7	
	15	1.2		ตรวจไม่พบ		51
	30	1.3				
	55	1.4		ตรวจไม่พบ		43
	65	1.5				
	80	1.6		ตรวจไม่พบ		35

ผลการทดลองชุดที่ 21 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
11/12/39	0	1.2	3.8×10^{8}		1.5×10^{7}	
	15	1.3		ตรวจไม่พบ		447
	30	1.4				
	40	1.5		ตรวจไม่พบ		69
	50	1.6				
	60	1.7		ตรวจไม่พบ		61
	65	1.8				
	70	1.9				
	75	2		ตรวจไม่พบ		49

ผลการทดลองชุดที่ 22 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
11/12/39	0	1.4	3.8×10^{8}		1.5×10^{7}	
	10	1.5		ตรวจไม่พบ		126
	20	1.6				
	25	1.7		ตรวจไม่พบ		85
	30	1.8				
	35	1.9				
	40	2		ตรวจไม่พบ		50

ผลการทดลองชุดที่ 23 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
12/12/39	0	1.5	8.2×10^7		9.1×10^6	
	10	1.6		ตรวจไม่พบ		91
	20	1.7				
	25	1.8		ตรวจไม่พบ		59
	30	1.9				
	35	2		ตรวจไม่พบ		53

ผลการทดลองชุดที่ 24 อัตราการกรอง 2.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
17/12/39	0	1.3	6.9×10^7		1.1×10^7	
	10	1.4		ตรวจไม่พบ		527
	15	1.5				
	20	1.6		ตรวจไม่พบ		747
	25	1.7				
	30	1.8		ตรวจไม่พบ		553
	35	1.9				
	40	2		ตรวจไม่พบ		833

ผลการทดลองชุดที่ 25 อัตราการกรอง 2.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
18/12/39	0	1.5	$3.7x10^{8}$		$8.0x10^{6}$	
	5	1.8		ตรวจไม่พบ		223
	10	2		ตรวจไม่พบ		192

ผลการทดลองชุดที่ 26 อัตราการกรอง 2.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
18/12/39	0	1.6	$3.7x10^{8}$		$8.0x10^{6}$	
	5	1.8		ตรวจไม่พบ		197
	10	2		ตรวจไม่พบ		129

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 27 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
16/01/40	0	0.6	3.8×10^{8}		1.2×10^{7}	
	15	0.6		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	50	0.7				
	100	0.8		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	140	0.9				
	170	1		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	190	1.1				
	200	1.2		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 28 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
20/01/40	0	0.9	8.5×10^{7}		7.7×10^{6}	
	15	0.9		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	60	1				
	120	1.1		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	150	1.2				
	180	1.3		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	200	1.4				
	210	1.5		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 29 อัตราการกรอง 0.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
28/01/40	0	1	$1.3x10^6$		$8.3x10^6$	
	15	1		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	60	1.1				
	90	1.2		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	120	1.3				
	150	1.4		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	170	1.5				
	190	1.6		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 30 อัตราการกรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
5/02/40	0	1.6	$1.0x10^8$		$1.1x10^7$	
	30	1.7		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	45	1.8				
	55	1.9		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	60	2		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 31 อัตราการกรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
11/02/40	0	1.7	5.4×10^{7}		7.3×10^{6}	
	25	1.8		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	40	1.9		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	50	2				
	60	2.1		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 32 อัตราการกรอง 1.0 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
11/01/40	0	1.8	7.3×10^{7}		9.7×10^{6}	
	25	1.9		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	40	2		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	45	2.1		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 33 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
25/02/40	0	1.8	$8.6x10^7$		$1.4x10^7$	
	3	1.9		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	4	2				
	5	2.1		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	7	2.2				
	9	2.3		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	11	2.4				
	12	2.5		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองชุดที่ 34 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
27/02/40	0	2.3	$3.3x10^8$		$7.3x10^6$	
	2	2.4		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	3	2.5		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	5	2.6		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองชุดที่ 35 อัตราการกรอง 1.5 ลิตร/นาที

เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมอีโคไลและโคลิฟาจ

วันที่	เวลากรอง (นาที)	ความดัน (บาร์)	ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)		ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)	
			น้ำเข้า	น้ำกรอง	น้ำเข้า	น้ำกรอง
27/02/40	0	2.3	9.4×10^{7}		5.6×10^{6}	
	2	2.4		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	3	2.5		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ
	5	2.6		ตรวจไม่พบ		ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนโคโลนี เพื่อหาความเข้มข้นของอีโคไล

การทดลองที่ 1-7

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด			ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)
		1:1	$1:10^5$	$1:10^6$	
1	น้ำเข้า			108 112 113	$1.1x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
2	น้ำเข้า			91 90 93	$9.1x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
3	น้ำเข้า			103 100 99	$1.0x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
4	น้ำเข้า			103 100 99	$1.0x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
5	น้ำเข้า			47 44 45	$4.5x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
6	น้ำเข้า			99 95 98	$9.7x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
7	น้ำเข้า			46 45 45	$4.5x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนโคโลนี เพื่อหาความเข้มข้นของอีโคไล

การทดลองที่ 15-25

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด			ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)
		1:1	$1:10^6$	$1:10^7$	
15	น้ำเข้า			39 41 39	4.0×10^8
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
16	น้ำเข้า		111 108 110		1.1×10^8
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
17	น้ำเข้า		96 95 92		9.4×10^7
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
18	น้ำเข้า		60 62 65		6.2×10^7
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
19	น้ำเข้า		75 72 72		7.3×10^7
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
20	น้ำเข้า		75 72 72		7.3×10^7
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
21	น้ำเข้า			40 39 36	3.8×10^8
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
22	น้ำเข้า			40 39 36	3.8×10^8
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
23	น้ำเข้า		82 83 80		8.2×10^7
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
24	น้ำเข้า		69 69 70		6.9×10^7
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
25	น้ำเข้า			36 38 38	3.7×10^8
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนโคโลนี เพื่อหาความเข้มข้นของอีโคไล

การทดลองที่ 26-35

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด			ความเข้มข้นของอีโคไล (โคโลนี/มิลลิลิตร)
		1:1	$1:10^6$	$1:10^7$	
26	น้ำเข้า			36 38 38	$3.7x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
27	น้ำเข้า			39 36 40	$3.8x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
28	น้ำเข้า		89 83 84		$8.5x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
29	น้ำเข้า		135 131 137		$1.3x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
30	น้ำเข้า		103 104 106		$1.0x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
31	น้ำเข้า		56 58 58		$5.7x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
32	น้ำเข้า		76 71 73		$7.3x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
33	น้ำเข้า		88 85 84		$8.6x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
34	น้ำเข้า			35 30 33	$3.3x10^8$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ
35	น้ำเข้า		97 93 93		$9.4x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			ตรวจไม่พบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนพลัก เพื่อหาความเข้มข้นของโคลิฟาจ

การทดลองที่ 8-14

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนพลักที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด			ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)
		1:1	1:10	$1:10^5$	
8	น้ำเข้า			65 55 63	$1.2x10^7$
	น้ำกรอง	54 70 59			122
		98 90 87			183
		100 110 88			199
		132 120 125			251
9	น้ำเข้า			98 80 87	$1.8x10^7$
	น้ำกรอง	63 78 88			153
		48 50 44			95
		62 70 71			135
		52 48 57			105
10	น้ำเข้า			42 50 60	$1.0x10^7$
	น้ำกรอง	122 125 110			238
		30 25 24			53
		42 38 45			83
		40 38 35			75
11	น้ำเข้า			42 50 60	$1.0x10^7$
	น้ำกรอง	25 28 30			55
		25 18 20			42
		24 30 26			53
12	น้ำเข้า			32 40 38	$1.5x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			
13	น้ำเข้า			52 45 40	$9.1x10^6$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			
14	น้ำเข้า				
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ			

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนพลัก เพื่อหาความเข้มข้นของโคลิฟาจ

การทดลองที่ 15-20

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนพลักที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด			ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)
		1:1	1:10	$1:10^5$	
15	น้ำเข้า			98 110 114	$2.1x10^7$
	น้ำกรอง	75 77 72			149
		33 31 30			63
		21 18 19			39
		24 25 28			51
16	น้ำเข้า			32 40 43	$7.7x10^6$
	น้ำกรอง		20 21 23		427
		43 42 40			83
		25 27 30			55
17	น้ำเข้า			72 58 65	$1.3x10^7$
	น้ำกรอง	60 57 59			117
		42 45 46			89
		32 30 27			59
18	น้ำเข้า			25 61 58	$5.6x10^6$
	น้ำกรอง	68 71 72			141
		61 57 55			115
		30 28 24			55
		19 21 23			42
19	น้ำเข้า			56 50 46	$1.7x10^7$
	น้ำกรอง	34 38 35			71
		23 24 27			49
		22 18 19			39
20	น้ำเข้า			56 50 46	$1.7x10^7$
	น้ำกรอง	28 25 24			51
		23 22 20			43
		20 18 15			35

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนพลัก เพื่อหาความเข้มข้นของโคลิฟาจ

การทดลองที่ 21-26

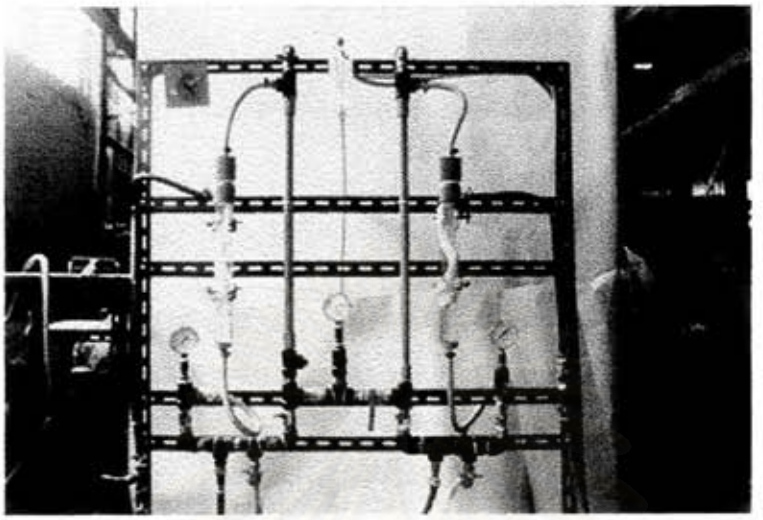
การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนพลักที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด			ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)
		1:1	1:10	$1:10^5$	
21	น้ำเข้า			66 75 81	$1.5x10^7$
	น้ำกรอง		22 20 25		447
		36 34 33			69
		29 30 32			61
		22 27 25			49
22	น้ำเข้า			66 75 81	$1.5x10^7$
	น้ำกรอง	64 62 63			126
		40 42 45			85
		23 27 25			50
23	น้ำเข้า			45 50 42	$9.1x10^6$
	น้ำกรอง	44 45 47			91
		30 28 30			59
		25 27 28			53
24	น้ำเข้า			52 50 57	$1.1x10^7$
	น้ำกรอง		32 27 20		527
			35 40 37		747
			28 25 30		553
			45 40 40		833
25	น้ำเข้า			41 39 40	$8.0x10^6$
	น้ำกรอง	112 113 110			223
		98 94 96			192
26	น้ำเข้า			41 39 40	$8.0x10^6$
	น้ำกรอง	100 97 98			197
		67 64 62			129

ผลการทดลองจากการตรวจนับจำนวนพลัก เพื่อหาความเข้มข้นของโคลิฟาจ

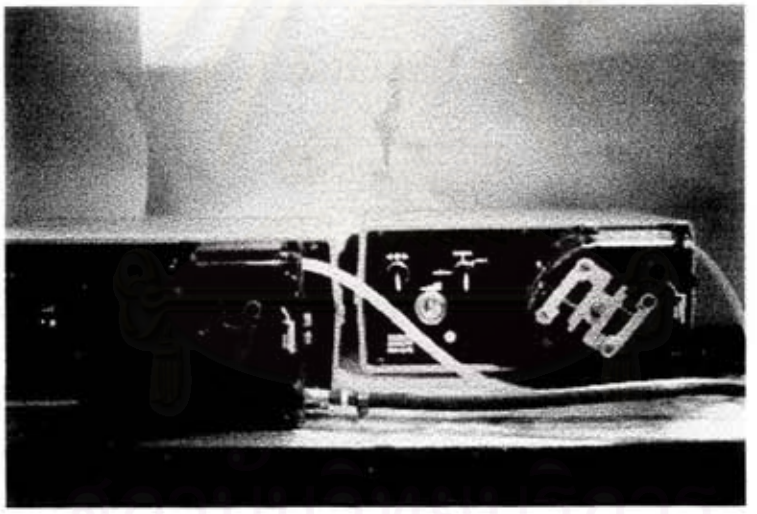
การทดลองที่ 27-35

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างน้ำ	จำนวนพลักที่นับได้ที่อัตราส่วนเจือจางที่ดีที่สุด					ความเข้มข้นของโคลิฟาจ (พีเอฟยู/มิลลิลิตร)
		1:1	1:10	$1:10^5$			
27	น้ำเข้า			52	47	57	$1.0x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
28	น้ำเข้า			61	55	49	$1.1x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
29	น้ำเข้า			98	101	87	$1.9x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
30	น้ำเข้า			45	60	57	$1.1x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
31	น้ำเข้า			32	40	38	$7.3x10^6$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
32	น้ำเข้า			52	48	45	$9.6x10^6$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
33	น้ำเข้า			77	62	68	$1.4x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
34	น้ำเข้า			40	32	37	$7.3x10^6$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ
35	น้ำเข้า			58	60	51	$1.1x10^7$
	น้ำกรอง	ตรวจไม่พบ					ตรวจไม่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ จ.1 แสดงอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ จ.2 แสดงเครื่องสูบน้ำแบบรีดของ Watson - Marlow

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

การถดถอยสำหรับสองตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง

การพยากรณ์โดยใช้เทคนิคของการถดถอยนั้น ปกติใช้ในกรณีที่มีความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระเป็นเส้นตรง โดยที่ลักษณะของความสัมพันธ์ของตัวแปรมักอยู่ในลักษณะที่ไม่ใช่เส้นตรง ในกรณีที่สงสัยว่าลักษณะของความสัมพันธ์จะมีรูปแบบที่แน่นอน เช่น เป็นเส้นโค้งแบบ exponential ก็อาจนำเอาวิธีการถดถอยมาใช้ในการวิเคราะห์ หาสมการถดถอยได้ โดยการแปลงลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปของเส้นตรงก่อน หลังจากการวิเคราะห์ หาสมการถดถอยในเชิงเส้นตรงได้แล้ว จึงเปลี่ยนรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรกลับไปสู่รูปเดิม (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และจันทนา จันทโร, 2535)

จากกราฟรูปที่ 4.13 - 4.19 พบว่าลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน และเวลากรอง น่าจะเป็นเส้นโค้งแบบ exponential คือ

$$y = AB^{x} \quad \text{.....(ฉ-1)}$$

โดยที่ y = ความดัน

x = เวลากรอง

จากสมการใส่ log ทั้งสองข้าง จะได้

$$\log (y) = \log (A) + x \log (B) \quad \text{.....(ฉ-2)}$$

สมมติให้ $z = \log (y)$

$a = \log (A)$

$b = \log (B)$

$z = a + bx$

จากความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งก็จะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของเส้นตรง

จากข้อมูลการทดลองในภาคผนวก จ นำมาสร้างสมการถดถอยแสดงดังตารางที่ ฉ.1-ฉ.6

ตารางที่ ฉ.1 สมการฉดถอยสำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน
ตัวอย่างน้ำคือ น้ำประปาเติมอีโคไล

การทดลองชุดที่	อัตราการกรอง (ลิตร/นาที)	สมการฉดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Determination Coefficient, R2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)
1	0.5	$y = (0.205)(1.001)^x$	0.9976	0.0134
2	1.0	$y = (0.617)(1.002)^x$	0.9788	0.0182
3	1.5	$y = (1.081)(1.002)^x$	0.9925	0.0061
4	2.0	$y = (1.490)(1.007)^x$	0.9871	0.0059

ตารางที่ ฉ.2 สมการฉดถอยสำหรับเมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน
ตัวอย่างน้ำคือ น้ำประปาเติมอีโคไล

การทดลองชุดที่	อัตราการกรอง (ลิตร/นาที)	สมการฉดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Determination Coefficient, R2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)
5	0.5	$y = (0.581)(1.003)^x$	0.9861	0.0135
6	1.0	$y = (1.072)(1.003)^x$	0.9743	0.0148
7	1.5	$y = (1.780)(1.006)^x$	0.9830	0.0064

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.3 สมการถดถอยสำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน
ตัวอย่างน้ำคือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

การทดลองชุดที่	อัตรากรอง (ลิตร/นาที)	สมการถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Determination Coefficient, R2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)
8	0.5	$y = (0.198)(1.003)^x$	0.9975	0.0136
9	1.0	$y = (0.698)(1.004)^x$	0.9980	0.0043
10	1.5	$y = (1.058)(1.006)^x$	0.9675	0.0166
11	2.0	$y = (1.373)(1.009)^x$	0.9839	0.0077

ตารางที่ ฉ.4 สมการถดถอยสำหรับเมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน
ตัวอย่างน้ำคือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ

การทดลองชุดที่	อัตรากรอง (ลิตร/นาที)	สมการถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Determination Coefficient, R2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)
12	0.5	$y = (0.624)(1.004)^x$	0.9869	0.0135
13	1.0	$y = (0.987)(1.003)^x$	0.9790	0.0117
14	1.5	$y = (1.977)(1.006)^x$	0.9779	0.0060

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.5 สมการถดถอยสำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน
ตัวอย่างน้ำคือ น้ำประปาเติมอีโคไล และโคลิฟาจ

การทดลองชุดที่	อัตรากรอง (ลิตร/นาที)	สมการถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Determination Coefficient, R2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)
15	0.5	$y = (0.202)(1.002)^x$	0.9978	0.0127
16		$y = (0.559)(1.005)^x$	0.9425	0.0247
17		$y = (0.616)(1.005)^x$	0.9316	0.0228
18	1.0	$y = (0.768)(1.002)^x$	0.9955	0.0072
19		$y = (1.042)(1.003)^x$	0.9839	0.0095
20		$y = (1.165)(1.004)^x$	0.9647	0.0108
21	1.5	$y = (1.169)(1.007)^x$	0.9828	0.0160
22		$y = (1.373)(1.009)^x$	0.9839	0.0077
23		$y = (1.479)(1.008)^x$	0.9804	0.0073
24	2.0	$y = (1.278)(1.011)^x$	0.9945	0.0052
25		$y = (1.519)(1.029)^x$	0.9767	0.0136
26		$y = (1.603)(1.023)^x$	0.9990	0.0022

ตารางที่ ฉ.6 สมการถดถอยสำหรับเมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน
ตัวอย่างน้ำคือ น้ำประปาเติมอีโคไล และโคลิฟาจ

การทดลองชุดที่	อัตรากรอง (ลิตร/นาที)	สมการถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Determination Coefficient, R2)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)
27	0.5	$y = (0.582)(1.003)^x$	0.9866	0.0145
28		$y = (0.870)(1.002)^x$	0.9722	0.0153
29		$y = (0.969)(1.003)^x$	0.9887	0.0090
30	1.0	$y = (1.571)(1.004)^x$	0.9207	0.0125
31		$y = (1.676)(1.004)^x$	0.9671	0.0076
32		$y = (1.784)(1.003)^x$	0.9305	0.0093
33	1.5	$y = (1.793)(1.028)^x$	0.9858	0.0064
34		$y = (2.298)(1.025)^x$	0.9844	0.0035
35		$y = (2.298)(1.025)^x$	0.9844	0.0035

ประวัติผู้เขียน

นายณัฏฐพงศ์ เลิศปีติภัทร เกิดวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2513 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อพ.ศ. 2537

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย