รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์ พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ประยูรวงศ์.

กัลยา สุนทรวงศ์สกุล. 2537. อิทธิพลของโลหะหนักต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินและความเสี่ยงต่อเชื้อซาลโมเนลลา เนื่องจากการนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2530. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ชวนพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2538. จุลชีววิทยาปฏิบัติการ พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ: บริษัท เอส เค 07 จำกัด.

ดำริ ถาวรมาศ. 2520. ประโยชน์ของน้ำโสโครกสำหรับการกสิกรรม. กสิกร 50(6): 391-394.

ดุลยนัย วนะภูติ. 2528. การใช้ประโยชน์กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย เพื่อการปลูกผักคะน้า (Brassica oleracea L.var. alboglabra Bailey) ในดินเปรี้ยวจัด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี จิตไมตรี. 2529. แบคทีเรียวิทยาทั่วไปและปฏิบัติการสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เอส.ดี.เพรส.

นาตยา ศรีดี. 7 เม.ย. 2540. คลองแสนแสบอาการหนัก เชื้อโรคเพียบเกินมาตรฐาน. ข่าวสด: 5.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2537. จุลชีววิทยาทั่วไป พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ปรีชา ธรรมนิยม. 2541. เทคโนโลยีการวิเคราะห์หาเชื้อซาลโมเนลลาในปัจจุบัน. วารสารอาหาร 28: 90-96.

ฝ่ายจัดการกากของเสีย กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2532. แนวโน้มการใช้ประโยชน์ของเสีย สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร: กันยายน.

พนิดา ชัยเนตร, ศุภวรรณ บุญสอง, อรุณ บ่างตระกูลนนท์ และดำรงค์ เชี่ยวศิลป์. 2531. ซาลโมเนลโลสิสในประเทศไทย: จุลชีววิทยาและระบาดวิทยา. วารสารรามาธิบดีเวชสาร 11: 233-245.

พรรณี พึ่งรัศมี. 2532. แบคทีเรียที่ก่อโรคบางตัว สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พัชราวดี สุวรรณธาดา. 2529. ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนักบางชนิดของผักคะน้า (Brassica oleracea L.var. alboglabra Bailey) ในสภาพเรือนทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัดเกล้า ตันสถิตย์. 2532. ผลของกากตะกอนแห้งต่อการเติบโตของผักกาดหอม(LUCTUCA SATIVA) และปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อใบ และในดินที่ใช้ปลูก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ, ภิญญ์ทิตา มุ่งการดี, ชัชวาล ยุทธชัยยางกุล. 2533. การฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีแสงอาทิตย์. วารสารกองสุขาภิบาล 20(1): 59-72.

วิชัยศักดิ์ คูหาทอง, สารสิน อุยยานนท์, ธวัช ปทุมพงษ์, สละ พรหมเดชบุญ, ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม, สวง สุดประเสริฐ, เดชา งามนิกุลชลัน, สุชาดา ภัยหลีกลี้ และสิริวรรษ เดชวิธี. 2534. การกำจัดสิ่งปฏิกูลจากรถดูดส้วมโดยลานทรายกรองและใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อโรคก่อนนำไปใช้เป็นปุ๋ย. วารสารการอนามัยและสิ่งแวดล้อม 14(2): 102-111.

วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม. 2540. รายงานประจำปี กรุงเทพ: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม. 2541. คู่มือประกอบการวินิจฉัยแบคทีเรียก่อโรคลำไส้: การตรวจยืนยันแบคทีเรียก่อโรคลำไส้ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร.

ศิราณี ศิริสุโขดม. 2535. ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเจริญเติบโตและการสะสมโลหะหนักเนื้อเยื่อพืชบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมหญิง จุ้ยใจตรง. 2520. การสำรวจหาเชื้อซัลโมเนลลาในไส้กรอกในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริพร สธนเสาวภาคย์. 2541. HACCP กับวิธีการที่รวดเร็วในการวินิจฉัยจุลินทรีย์. วารสารอาหาร 28: 79-89.

สุมาลี บุญมา, อรุณ บ่างตระกูลนนท์, นพรัตน์ หมานริม, มยุรา กุสุมภ์ และอดิศักดิ์ ศักดิ์สิทธิวิวัฒนะ. 2538. การตรวจหาเชื้อซัลโมเนลล่าโดยวิธี Standard Conventional และวิธี MSRV. การประชุมวิชาการสัตวแพทย์ ครั้งที่ 22 : 220-230.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2529. การใช้ประโยชน์กากตะกอนน้ำเสียในรูปของปุ๋ย สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดฉะเชิงเทรา. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2532. ทางเลือกที่ได้รับประโยชน์จากการลงทุนแก้ไขปัญหามลภาวะทางน้ำ. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม 11: 69-87.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2536. การจัดการกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเพื่อนำศักยภาพความเป็นปุ๋ยมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรกรรม. เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ 36: 150-155.

อรรณพ หอมจันทร์. 2535. ความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อผักคะน้า (Brassica oleracea L.var. alboglabra Bailey) และผักกาดหอม (Lactuca sativa L.) ในสภาพเรือนทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรุณ บ่างตระกูลนนท์, อรรณพ สมาธิวัฒน์, ปฐมาพร เอมะวิศิษฐ์, ศรีรัตน์ พรเรืองวงศ์ และ นพรัตน์ หมานริม. 2541. การสำรวจเชื้อซาลโมเนลลาในอีกัวน่า. เอกสารประมวลการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่36 3-4 กุมภาพันธ์ 2541.

อรุณ บ่างตระกูลนนท์, นพรัตน์ หมานริม, วิทยา โคสิตานนท์ และปรีชา จึงสมานุกูล. 2542. อาหารพร้อมปรุงในซุปเปอร์มาร์เก็ตปลอดภัยจากเชื้อโรคอาหารเป็นพิษจริงหรือ. เอกสารประมวลการประชุมทางวิชาการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ครั้งที่ 10 12-13 พฤษภาคม 2542.

อรุณ บ่างตระกูลนนท์, ศรีรัตน์ พรเรืองวงศ์, และสุมาลี บุญมา. 2542. การสำรวจเชื้อซาลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดต่างๆที่จำหน่ายในตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ต. เอกสารประมวลการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 24-26 กุมภาพันธ์ 2542.

ภาษาอังกฤษ

Ajmal, M. and Khan, A.U. 1984. Effect of brewery effluent on agricultural soil and crop plants. Environ. Pollut. (series A) 33(4): 341-351.

Al-Hindawi, N. and Taha, R.R. 1979. Salmonella species isolated from animal feed in Iraq. Appl. Environ. Microbiol. 37: 676-679.

Alloway, B.J. and Jackson, A.P. 1991. The behavior of heavy metals in sewage sludge-amended soil. The Science of the Total Environmental 100: 151-176.

Bicknell, S.R. 1972. Salminella aberdeen infection in cattle associated with human sewage. J. Hyg. Camb. 70:121-126.

Bitton, G. 1994. Wastewater microbiology New York: Wiley-Liss.

Borchardt, J.A., Redman, W.J., Jones,G.E. and Sprague, R.T. 1981. Sludge and its Ultimate Disposal Ann Arbor Science Publishers. 281p.

Bungting, A.L. 1963. Experiments on organic manures 1942-1949. J. Agric. Sci. 60: 121-140.

Burge, W.D. and Marsh, P.B. 1978. Infection Disease Hazards of Landspreading Sewage Waste. J. Eniron. Qual. 7(1): 1-9.

Chandler, D.S. and Craven, J.A. 1978. Environmental factors afflecting *Escherichhia coli* and *Salmonella* typhimurium numbers on land used for effluent disposal. Aust. J. of Agricultural Research 29: 577-585.

Chang, C.M., Boyle, W.C. and Geoeppfert, J.M. 1971. Rapid Quantitative method for *Salmonella* detection in polluted waters. Appl. Microbiol. 21: 662-667.

Chang, C., Page, A.L. and Bingham, F.T. 1981. Re-utilization of municipal wastewater sludge-metals and nitrate. J. Water. Pollut. Control. Fed. 53: 237-245.

Clinton, N.A., Weaver, R.W., Zibilske, L.M. and Hidalgo, R.J. 1979. Incidence of Salmonellae in Feedlot Manure. J. Environ. Qual. 8: 480-481.

Davidson, K.R. 1973. *Salmonella dublin* abortion in a New South Wales dairy herd. Aust. Vet. J. 49: 174.

Delage, B. 1961. Survival of Salmonellae in soil. Archives de l'Institut Pasreur Maroc 6: 139-142.

Elliot, H.A. 1986. Phuto-edaphic communities of the upper Rio Puerco Water_hade, New Mexico. USA Forest Service Res. RM-272 Rocky Mountain Forest and Range Exp. Stn. Fort. Collins.

Epstein, E. 1975. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. J. Environ. Qual. (41): 139-142.

Gadd, G.M. 1992. Microbial control of heavy metal pollution. In J.C. Fry, G.M. Gadd, R.A., Herbert, C.W. Jones, and I.A. Watson-Craik(eds), Microbial control of pollution 58-88. Greate Britain: The Bath.

Galton, M.M. , Lowery, W.D. and Hardy, A.V. 1954. Salmonella in fresh and smoke pork sausage. J. Infect. Dis. 95: 232-235.

Gupta, S.C., Dowdy, R.H. and Larson, W.E. 1977. Hydraulic and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. J. Soil Scr. Soc. Am. 41: 601-605.

Hall, J.E. and Coker, E.G. 1983. some effect of sewage sludge on soil physical condition and plant growth. The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils (Catroux,G. L'Hermite,P. and Suess,E.eds.) D.Reidel Publ.Co., Dordrecht.

Hall, J.E. and Williams, J.H. 1986. The use of sewage on arable and grassland. S. Berglund, R.D. Davis and P.L'Hermite(eds.) Utilisation of sewage Sludge on land:rate of application and long-term effect of metals 22-35. D. reidel: Halland.

Heckman, J.R., Angle, J.S. and Chaneu, R.L. 1986. Saybean nodulation and nitrogen fixation on soil previously amend with sewage sludge. Biol. Ferti. Soil. 2: 181-185.

Hemphill, IR. D., et al. 1982. Sweet corn response to application of three sewage Sludge. J. Environ. Qual. 11: 191-196.

Hinsley, T.D., Ziegler, E.R. and Jones, R.L. 1972. Effects on corn by applications of heated anaerobically digested sludge. Compost. Sci. 13:2 6-30.

Hirn, J. 1980. Indicator bacteria and Salmonella in food processing and domestic effluent. J. Water Pollut. Control. Fed. 52: 48-52.

ICSMF. 1986. Microorganismms in Foods2 The International Commission on Microbiological Specifications for foods (ICMSF) Univ.of Toronto. Press: Canada.

Joint Working Party. 1965. Salmonellae in cattle and the feding stuffs, and the relation to human infection. J. of Hyg 63: 223-239.

Jones, P.W. 1975. The effect of storage in slurry on the virulence of Salmonella dublin. J. of Hyg 74: 65-70.

Jones, P.W. 1983. The survival and infectivity for cattle of salmonellas on Glassland. Processing and use of sewage sludge: Proceedings of the third International symposium held at Brighton, September 27-30; Belgium: D. Reidel Publishing Company.

Jones, P.W., Bew, J., Burrow, M.R., Mathews, P.R.J., and Coliins, P. 1976. The occurrence of salmonellas, mycobacteria and pathogenic strains of Escheichia coli in Pig Slurry. J. Hyg. Camb. 77: 43-50.

Jones, P.W., Bew, J. and Gammack, D.B. 1975. An investigation into the potential hazard to animal health of effluent sludge from dairy factories. J. of Hyg. 75: 143-149.

Jones, P.W. and Hall, G.A. 1975. Detection of Salmonella infection in pig herds by examination of the slurry. Veterinary Record 97: 351-352.

Jones, P.W. and Mathews, P.R.J. 1975. Examination of slurry from cattle for pathogenic bacteria. J. Hyg. Camb. 74: 57-64.

Kampelmacher, E.H. Jansen, L.M. and Van Noorde. 1974. Water 7,418. quoted in Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology 2 nd ed. New York John Wiley and Sons.

Kelling, K.A., Peterson, A.E., Walsh, L.M., Ryan, J.A. and Keeaey, D.R. 1977. A field study of the agricultural use of sewage sludge: I Effect on crop yield and uptake of N and P. J. Environ. Qual. 6: 339-344.

Khaleel, R., Reddy, K.R., and Overcash, M.R. 1981. Change in soil physical properties due to organic waste applications: A review. J. Environ. Qual. 10: 133-141.

Kim, S.J., Chang, A.L. and Warneke, J.E. 1988. Relative concentrations of cadmium and zinc in tissue of selected food plant grow on sludge-treated soils. J. Environ. Qual. 17: 568-573.

King, L.D. and Morris, H.D. 1972. Land disposal of liquid sewage sludge: The effect on yield, In vivo digestibility and chemical composition of coastal bermudagrass. J. Environ. Qual. 1(3): 325-329.

Kladivko, E.J. and Nelson, D.W. 1979. Changes in soil properties from applications of anaerobic sludge. J. Water Pollut. Control. Fed. 51(2):325-332.

Kraft, D.J., Olechowski-Gerhardt, C., Berowitz, J. and Finstein, M.S. 1969. *Salmonella* in waste produced at commercial poultry farms. Appl. Microbiol. 18: 703-707.

Lutrick, M.C., Robertoon, W.K. and Cornell, J.K. 1982. Heavy application of liquid digeste sludge on three ultisol. II Effects on meneral uptake and crop yield. J. Environ. Qual. 11: 283-284.

Magdoff, F.R. and Chromec,F.W. 1977. Nitrogen Minerization from Sewage Sludges. J. Environ. Sci. Health. 12: 191-201.

Mathews, P. 1987. Agricultural use of sewage sludges there a future?:Changes in legistation and guidelines. Water&Waste Treatment 30: 32-43.

Mays, D.A., Terman, G.L. and Duggan, J.C. 1973. Municipal Compost: Effect on crop yields and soil properties. J. Environ. Qual. 2(1): 89-92.

Miller, R.H. 1974. Factors afflecting decomposition of an anaerobically digested sewage sludge in soil. J. Environ. Qual. 3: 376-380.

Miner, J.R., Fina, L.R. and Piatt, C. 1967. *Salmonella infantis* in cattle feedlot runoff. Appl. Microbiol. 15: 627-628.

Pagliai, Guidi, M., La Marca, G., Giachetti, M. and Lucamante, G. 1981. Effect of sewage sludge and composts on soil porosity an aggregation. J. Environ. Qual. 10(4): 556-561.

Parker, C.R. and Sommers, L.E. 1983. Mineralization of nitrogen in sewage sludge. J. Environ. Qual. 12(1): 150-156.

Piadang, S., Sermkiattipong, Ng., Pongpat, S., Bangtrakulnonth, A., Pornruangwong, S. and Mahabhol, N. 1988. The Investigation of *Salmonella sp.* In Sewage Sludges in Thailand. Water Pollution Control in Asia 31: 399-403.

Premi, P.R. and Cornfield, A.H. 1971. Incubation study of nitrogen mineralization in soil treated with dried sewage sludge. Environ. Pollut. 2: 1-5.

Prost, E. and Riemann, H. 1967. Food-borne Salmonellosis. Annu. Rew. Microbiol. 21: 495-528.

Russ, C.F. and Yanko, W.A. 1981. Factors affectting Salmonellae repopulation in composted sludge. Appl. Environ. Microbiol. 41: 597-602.

Ryan, J.A., Pahren, H.R. and Lucas, J.B. 1982. Controling cadmium in human food chain: A review and rationable based on health effects. Environ. Res. 28: 251-302.

Sabey, B.R., Pendleton, R.L. and Webb, B.L. 1990. Effect of Municipal Sewage Sludge application on Growth of two Reclamation Shrub Species in Copper Mine Spoils. J. Environ. Qual. 19: 580-586.

Sheaffer, C.C., Decker, A.M., Changey, R.L. and Douglass, L.W. 1979. Soil temperature and sewage aludge effects on corn yield and macronutrient content. J. Environ. Qual. 8: 450-454.

Sims, J.T. and Kline, J.S. 1991. Chemical fraction and plant uptake of heavy metals in soil amended with co-composted sewage sludge. J. Environ. Qual. 20: 387-395.

Smith, P.J., Jones, F. and Watson, D.C. 1978. Salmonella pollution of surface waters. J. of Hyg 81: 353-360.

Sommer, L.E. 1977. Chemical composition of sewage and analysis of their potential use as fertilizer. J. Environ. Qual. 6: 225-232.

Stark, S.A. and Clapp, C.E. 1980. Residual Nitrogen Availability from Soils Treated Sewage Sludges in a Field Experiment. J. Environ. Qual. 9(3): 505-512.

Taylor, J. and McCoy, J.H. 1969. In: Food-Borne Infections and Intoxications H. Reimann, Editor, Academic Press, New York and London. 3-72.

Tebutt, T.H.Y. 1988. Principal of Water Quality Control 4 th ed Great Britain:BPCC Wheatons.

Thomas, K.L. 1967. Montly Bulletin, Ministry of Health 26,39. Qoutet in jones, P.W. The survival and infectivity for cattle of salmonellas on glassland. Processing and Use of Sewage Sludge: Proceedings of the third International symposium held at Brighton, September 27-30; Belgium: D.Reidel.

Thompson, R. 1975. How famers can reduce fertilizer bills by using on-farm waste and urban sludge. Compost. Sci. 16(3): 14.

Utsching, J.M., Barbarick, K.A., Westfall, D.G., Follett, R.H. and McBride, T.M. 1986. Liquid sludge vs nit.ogen fertilizer. Bio. Cycle. 27(7): 30-33.

Wallis, P.M. and Lechmann, D.L. 1983. Biological health risks of sludge disposal to Land in cold climates. In P.L. Hermite and H. Ott(eds.), Processing and Use of Sewage Sludge: Proceedings of the third International symposium held at Brighton, September 27-30; Belgium: D.Reidel.

Warman, P.R. 1986. Effects of fertilizer, pig manure and sewage sludge on timoty and Soil. J. Eniron. Qual. 15: 95-100.

Watson, D.C. 1980. The survival of salmonellae in sewage sludge applied to arable land. J. Water Pollut. Control. 79: 11-18.

Wen, G., Bates, T.E. and Voroney, R.P. 1995. Evaluation of Nitrogen Availability in Irradiated Sewage Sludge,Sludge Compost and Manure Compost. J. Environ. Qual. 24: 527-534.

WHO working group. 1981. The risk to health of microbes in sewage sludge applied to land. EURO reports and studies No. 54. Reginal Office for Europe Copenhegen: World Health Organization.

Williams, B.M. 1979. The animal health risks from use of sewage sludge on pasture. In Utilization of Sewage Sludge on Land 4: 177-190.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์

1. การตรวจสอบเชื้อซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนทุกขั้นตอนของโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาเชื้อซาลโมเนลลาจากน้ำเสียและกากตะกอน

1) **วิธีตรวจสอบซาลโมเนลลาด้วยวิธี** Modified Semi-solid Rappaport Vassiliadis (MSRV)

ชั่งตัวอย่างหนัก 25 กรัมเติม Buffer Peptone Water (BPW) 225 มล.

35-37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

แตะเชื้อจาก BPW ลงบน MSRV plate ละ 3 –5 หยด

42 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

เลือกเชื้อที่เคลื่อนที่ไกลที่สุดจากจุดที่หยดลงบน MSRV เพาะลงบน TSI LIA และSIM

37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

อ่านปฏิกิริยาบน TSI LIA และSIM ที่สงสัย

ถ่ายเชื้อจาก BPW ลง Selinite F-broth (SFB)

37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

นำเชื้อจาก SFB เพาะบน SS Agar

37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

เลือกโคโลนีที่สงสัยบน SS Agar ลงหลอด TSI LIA และSIM

37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

อ่านปฏิกิริยาบน TSI LIA และSIM ที่สงสัย

นำไปทดสอบทางซีโรวิทยาก่อนนำส่ง WHO *Salmonella* and *Shigella* Center เพื่อหาซีโรวาร์

2) **การทดสอบเชื้อซาลโมเนลลาทางน้ำเหลืองวิทยา** (Serological Test)

แบคทีเรียที่ผ่านการทดสอบทางชีวเคมีแล้วว่าเป็นซาลโมเนลลา มีความจำเป็นต้องทดสอบทางน้ำเหลืองวิทยา โดยอาศัยปฏิกิริยาทางอิมมูนวิทยา เพื่อพิสูจน์ลักษณะแอนติเจนของเชื้อเพื่อประโยชน์ทางระบาดวิทยาของซาลโมเนลลา การทดสอบทางน้ำเหลืองวิทยาในห้องปฏิบัติการทั่วไปนิยมใช้วิธี Slide agglutination โดยทำการทดสอบระหว่างเชื้อกับแอนติซีรั่มที่จำเพาะ มีขั้นตอนดังนี้

1. หยด O Polyvalent A-67 Antiserum และน้ำเกลือ (เป็น control)อย่างละ 1หยด ลงบนสไลด์ที่สะอาด
2. ใช้ loop ตักเชื้อจากอาหารเลี้ยงเชื้อ (TSI Agar บริเวณส่วน slant) จำนวนเล็กน้อย นำมาผสมกับ Antiserum และน้ำเกลือ เอียงสไลด์กลับไปมาประมาณ 1 นาที
3. อ่านผลการเกิด agglutination ถ้าให้ผล positive กับ O Polyvalent A-67 Antiserum และน้ำเกลือให้ผล negative ทดสอบเชื้อนี้ต่อไปด้วย O Polyvalent A-I Antiserum ถ้าให้ผล negative แสดงว่าเชื้อนี้อยู่ในระหว่าง O group J (O group 17) ถึง O group 67
4. ในข้อ 3 ถ้าผล agglutination test positive กับ O Polyvalent A-I แสดงว่าเชื้อนี้อยู่ในระหว่าง O group A ถึง O group I ใช้ Antisera O group A ถึง O group I อย่างละ 1 หยด ทดสอบหา O group จนพบว่า positive กับ O group ใดก็เป็น O group นั้น

3) **การตรวจสอบยืนยันเชื้อซาลโมเนลลา**

เชื้อตัวอย่างที่ส่งมาเพื่อตรวจยืนยันเชื้อซาลโมเนลลา จะเก็บใส่มาในอาหารเลี้ยงเชื้อ stock culture media ส่งมาที่ศูนย์ WHO National *Salmonella* & *Shigella* Center สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ อ.เมือง นนทบุรี

เมื่อศูนย์ WHO National *Salmonella* & *Shigella* Center ได้รับเชื้อตัวอย่างที่ส่งมาตรวจยืนยันจะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. เพาะเลี้ยงเชื้อลงบน Endo Agar เพื่อให้โคโลนีแยกกระจายนำเข้า Incubator 37 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง
2. เมื่อแยกโคโลนีได้แล้ว จะทำการทดสอบทางชีวเคมี ได้แก่ glucose lactose mannitol dulcitol silicin sorbitol fermentation citrate test lysine decarboxylase test indole production test d-tartrate mucate malonate ONPG hydrogen sulphite production และ motility test เพื่อแยก Subspecies ของซาลโมเนลลา

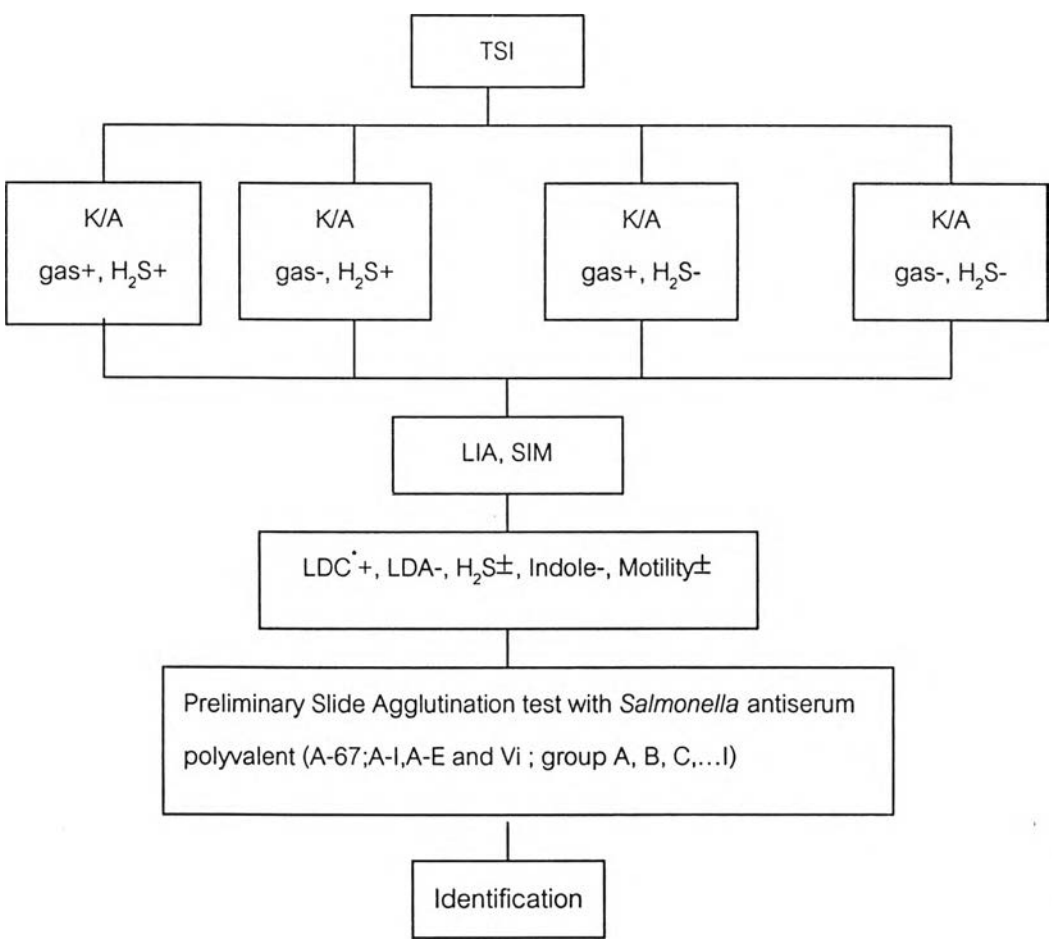
3. การตรวจหา O Antigen เชื้อที่เพาะเลี้ยงใหม่ๆบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Endo Agar เหมาะสำหรับการตรวจหา O Antigen ใช้วิธี slide agglutination test กับ specific antisera โดยเริ่มจาก โอ โพลีวาเลนท์ โอกรุ๊ป และโอแฟคเตอร์แอนติซีรั่ม ตามลำดับ
4. การตรวจหา Vi Antigen ซาลโมเนลลาบางสายพันธุ์ เช่น *S.* Typhi *S.* Paratyphi C บางสายพันธุ์ไม่ agglutinate กับ O Antiserum เพราะเชื้อดังกล่าวมีแอนติเจน วีไอ คลุมอยู่รอบๆ O Antigen จึงต้องใช้ Vi Antiserum ทดสอบกับเชื้อจาก Endo agar หรือ TSI agar ซึ่งเพาะเลี้ยงใหม่ๆ กรณีที่เชื้อให้ผลการทดสอบไม่ agglutinate กับ O Antiserum ต้องเอาเชื้อนี้ละลายในน้ำเกลือนอร์มัล นำไปต้ม 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เพื่อทำลาย Vi Antigen นำตะกอนเชื้อทำ slide agglutination กับ O Antiserum ก็จะให้ผลบวก
5. การตรวจหา H Antigen
   5.1 ถ่ายเชื้อจาก Endo agar ลงบน swarm agar (ใช้จานแก้วขนาด 10 x 50 มม.) ซึ่งมีปริมาณวุ้นเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เชื้อแตะตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ นำเข้าตู้อบ 37 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง ถ้าเชื้อดังกล่าวเป็นสายพันธุ์เคลื่อนที่ได้ (motile strain) เชื้อจะขึ้นแผ่เต็มบน swarm agar
   5.2 ใช้ H Antiserum ได้แก่ H polyvalent H group และ H factor antiserum ทดสอบกับเชื้อที่ขึ้นบน swarm agar โดยวิธี slide agglutination test ในการตรวจหา เอช แอนติเจน นี้ เลือกใช้แอนติซีรั่มต่อซีโรวาร์ที่พบได้บ่อยๆในพื้นที่นั้นก่อน ถ้าไม่พบจึงใช้แอนติซีรั่มต่อซีโรวาร์อื่นๆต่อไปจนพบ การตรวจหา เอช แอนติเจน บางครั้งอาจตรวจพบแอนติเจนของเฟสที่ 1 หรือ 2 ก่อนก็ ได้
   5.3 ถ่ายเชื้อจาก swarm agar จานที่ 1 (ในข้อ 5.1) ลงใน swarm agar จานที่ 2 (ซึ่งมีแอนติซีรั่มชนิดเดียวกันกับเฟสที่ตรวจพบในข้อ 5.2 และมีขนาดไตเตอร์ประมาณ 1:1,600 จำนวน 0.09 มล. ผสมอยู่ด้วย) นำเข้าตู้อบ 37 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง แอนติบอดี้ใน swarm agar จะจับแอนติเจนชนิดเดียวกันไว้ แอนติเจนเฟสที่ไม่ถูกจับจะขึ้นแผ่ออกมา แต่ถ้าเชื้อดังกล่าวหยุดอยู่ตรงกลางของอาหารเลี้ยงเชื้อ แสดงว่าเชื้อนี้มี เอช แอนติเจน เพียงเฟสเดียว ใช้เอช แอนติซีรัมทดสอบหาเอช แอนติเจน จาก swarm agar ใน ข้อ 5.3 เมื่อพบจึงถ่ายเชื้อจาก swarm agar จานที่ 2 ลงบน swarm agar จานที่ 3 (ซึ่งมีแอนติซีรั่มชนิดเดียวกันกับเอช แอนติเจนทั้ง 2 เฟสที่ตรวจพบในจานที่ 1 และ 2 มีขนาดไตเตอร์ประมาณ 1:1,600 ผสมอยู่ด้วยอย่างละ 0.09 มล.)

5.4 สังเกตดูเชื้อบน swarm agar จานที่ 3 ถ้าเชื้อที่ทดสอบมี 2 เฟส เชื้อจะหยุดอยู่ตรงกลางคือแอนติเจนทั้ง 2 เฟสจะถูกแอนติบอดี้จับยึดไว้ กรณีที่เชื้อใน swarm agar จานที่ 3 ไปหยุดการเคลื่อนไหว อาจเป็นเพราะเชื้อนี้มี เอช แอนติเจนเฟสที่ 3 ในกรณีนี้ต้องหาเอช แอนติเจน เฟสที่ 3 ต่อไป โดยใช้เอช แอนติเจนเพิ่มเติม หรืออาจเป็นเพราะเชื้อไม่บริสุทธิ์ มีเชื้ออื่นปะปน หรือบางครั้งอาจมีซาลโมเนลลาซีโรวาร์อื่นๆปะปนมากับเชื้อที่ส่งตรวจ

หมายเหตุ 1. ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นน้ำให้เพิ่มความเข้มข้นของ BPW เป็นสองเท่า

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ MSRV เป็น Semi-solid เมื่อแตะเชื้อแล้วนำไปใส่ตู้ Incubator ไม่ต้องคว่ำ plate และต้องใช้อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส

การวินิจฉัยซาลโมเนลลา



* S. Paratyphi A LDC-

2. การศึกษาผลจากการใช้แสงแดดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อซาลโมเนลลา (Multiple-Tube Enrichment Technique)

1. ชั่งกากตะกอนตัวอย่าง 10 กรัมใส่ใน Erlenmeyer Flask ซึ่งมีน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 90 มล.
2. เตรียมหลอดทดลองปราศจากเชื้อ ขนาดปริมาตร 25 มล. จำนวน 3 ชุดๆ ละ 5 หลอด ใส่ Tetrathionate broth
3. นำหลอดชุดที่หนึ่งมาใส่สารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 1 หลอดละ 10 มล. ทำซ้ำในหลอดทดลองชุดที่ 2 และ 3
4. ทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำแต่ละหลอดทดลองไปทำการแยกเชื้อด้วยวิธี streak plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ BGA (Brilliant Green Agar) และบน XLD (Xylose Lysine Desoxycholate Agar) แล้วนำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. นำโคโลนีที่ให้ผลบวกลงในหลอด TSI (Triple Sugar Iron Agar) และ LIA (Lysine Iron Agar) แล้วนำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลอดที่ให้ผลบวก นำไปตรวจสอบว่ามาจากหลอดใด
7. นำหลอดที่ให้ผลบวกในการทดสอบไปตรวจสอบกับตาราง MPN เพื่อหาปริมาณซาลโมเนลลา

3. การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณเชื้อซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในดิน เนื่องจากการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

1) <u>การวัด pH</u>

นำกากตะกอนตัวอย่างมา 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 90 มล. เขย่า แล้วนำไปวัด pH ด้วย pH Meter

2) <u>การวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น</u>

ชั่งกากตะกอนประมาณ 100 กรัม ใส่ในถ้วยโลหะที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณหาน้ำหนักกากตะกอนที่แห้งเพื่อนำไปสู่การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3) <u>การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์คาร์บอน</u>

1. ดินทดลองซึ่งบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร มาประมาณ 0.5-2.0 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ 1.0 N 5 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆรินกรดซัลฟิวริคเข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตร แกว่ง Flask ให้เข้ากันอย่างทั่วถึง
3. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่นลงใน Flask 15 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
5. นำไปติเตรตด้วยสารละลาย $FeSO_4$ 0.5 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง ทำ blank
6. จดปริมาณสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ และ $FeSO_4$ ที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์คาร์บอน

<u>การคำนวณ</u>

$$\% \text{ organic carbon} = \frac{(B-S) \times N \times 0.39}{W}$$

B = ปริมาณสารละลายเฟอรัสซัลเฟตที่ใช้กับ blank ในหน่วยมิลลิลิตร

S = ปริมาณสารละลายเฟอรัสซัลเฟตที่ใช้กับตัวอย่าง ในหน่วยมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของเฟอรัสซัลเฟต มีหน่วยเป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

4) <u>การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน</u>

1. ชั่งดินทดลองซึ่งร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตรประมาณ 0.2-2.0 กรัมใส่ใน Kjeldahl Flask
2. ใส่ $CuSO_4$ 0.5 กรัม K_2SO_4 10 กรัมและกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 ลบ.ซม.ลงในข้อ 1
3. จากข้อ 2 นำไป digest โดยช่วงแรกใช้ไฟอ่อนๆ แล้วค่อยๆเพิ่มไฟ จนเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวขุ่น
4. digest ต่อไปอีกประมาณ 1 ชั่วโมงโดยใช้ไฟแรงๆจนเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส จึงปิดไฟ
5. ทิ้งสารละลายจากข้อ 4 ไว้ให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นลงไป 200 ลบ.ซม. โดยล้างจากปาก Flask ลงไป ทิ้งให้เย็นอีกครั้ง
6. เตรียมกลั่นโดยใส่ glass bead ลงในข้อ 5 ประมาณ 15-20 เม็ดกัน bump

7. เตรียมขวดที่ใช้รองรับสารที่กลั่นได้ โดยใช้ 4% H_3BO_3 50 ลบ.ซม.ใส่ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 ลบ.ซม. หยด methyl-red-methylene blue ลงไป 3 หยด
8. เติม 45% NaOH 80 ลบ.ซม. ลงในข้อ 6 อย่างช้าๆ นำไปต่อกับเครื่องกลั่น แล้วจึงเขย่าสารละลายจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเขียวเข้มอมน้ำเงิน
9. กลั่นเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมงจนเก็บ Distillate ใน Receiver Flask ได้ประมาณ 200 ลบ.ซม. จึงปิดไฟและน้ำของเครื่องกลั่น
10. นำ Distillate จากข้อ 9 ไปไตเตรทกับกรดซัลฟุริกมาตรฐาน ซึ่งกรดบอริคที่เหลือจะถูก Back Titration เมื่อจุดยุติ สารละลายซึ่งเดิมสีฟ้าจะหายไป และเมื่อใช้ 1 หยด ที่มากเกินพอของกรด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู
11. ทำ blank โดยทำตามข้อ 1-10 โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง นำไปคำนวณ % ไนโตรเจน ทั้งหมดดังสูตร

<u>การคำนวณ</u>

$$\% \text{ Total Nitrogen} = \frac{(S-B) \times \text{Normality of Std. } H_2SO_4 \times 14 \times 100}{\text{sample weight} \times 1000}$$

S = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรทกับ blank

5) <u>การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก</u> (Cd และ Zn)

1. ชั่งดินทดลองซึ่งร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร 25 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย DTPA 0.005 M 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 2 ชั่วโมง
3. นำสารละลายที่ผ่านการกรอง มาวัดปริมาณโลหะหนักด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer
4. คำนวณหาปริมาณโลหะหนัก

6) <u>การวิเคราะห์เนื้อดิน</u>

1. ชั่งดินทดลอง (ขนาด 2 มิลลิเมตร) หนัก 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Calgou 5% 100 มิลลิลิตร แช่ทิ้งค้างคืน
2. ถ่ายสารละลายดินลงใน Dispersion Cup ใช้ขวดฉีดน้ำล้างดินที่ติดในบีกเกอร์ให้หมด

3. ปั่น 5 นาที ถ่ายสารละลายดินที่ปั่นแล้วลงใน Sedimentation Cylinder ล้างดิน ที่ติดอยู่ใน cup ให้หมดด้วยขวดฉีดน้ำ
4. เติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดล่างของ Cylinder (1130 มิลลิลิตร) โดยในขณะนั้นมี Hydrometer ลอยอยู่ด้วย
5. เอา Hydrometer ออกแล้วใช้ Plunger กวนให้ได้สารแขวนลอยดินที่สมบูรณ์อีกครั้งหนึ่ง ใช้เวลากวนประมาณ 2 นาที (หากเกิดฟองมากหยด Amyl alcohol 2-3 หยดจนหมดฟอง)
6. ค่อยๆหย่อน Hydrometer ลงไปอีกครั้ง แล้วอ่านค่าบนก้าน Hydrometer เมื่อครบ 40 วินาที (Rt 40s กรัม/ลิตร)
7. วัดอุณหภูมิของสารละลายดิน (T40s องศาเซลเซียส)
8. ทำ blank ซึ่งคือส่วนของสารละลาย Calgou 5% (Cr 40s กรัม/ลิตร) และอ่านอุณหภูมิของสารละลาย blank (r40s องศาเซลเซียส)
9. วัดค่าสารละลายดินอีกครั้งหนึ่งเมื่อจับเวลาครบ 2 ชั่วโมง (Rt 2h กรัม/ลิตร) และวัดอุณหภูมิสารละลายด้วย (T2h องศาเซลเซียส)
10. อ่านค่า Hydrometer และอุณหภูมิในสารละลาย blank (ได้ค่า Cr2h กรัม/ ลิตร และ r2h องศาเซลเซียสตามลำดับ)
11. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากลุ่มอนุภาค

<u>วิธีคำนวณ</u> Rs40s = กลุ่มอนุภาคซิลท์ + กลุ่มอนุภาคดินเหนียว กรัม/ลิตร

= [Rt40s +0.36(t40s-20)]+[Cr40s + 0.5(Cr40s -20)] ..... (ก)

Rs2h = กลุ่มอนุภาคดินเหนียว กรัม/ลิตร

= [Rt2h +0.36(t2h-20)]+[Cr2h + 0.5(Cr2h -20)] ..... (ข)

กลุ่มอนุภาคซิลท์ = ก-ข ..... (ค) (กรัม/ลิตร)

กลุ่มอนุภาคทราย = 50-ก ..... (ง) (กรัม/ลิตร)

เนื่องจากสารละลายดิน 1130 มิลลิลิตร ได้จากดิน 50 กรัม

ดังนั้น % ดินเหนียว = 2 x ข

% ดินซิลท์ = 2 x ค

% ดินทราย = 2 X ง

อ่านค่า texture ของดินจากไดอะแกรมสามเหลี่ยม

ภาคผนวก ข

การเตรียมสิ่งทดลองโดยละเอียด

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำกากตะกอนไปใช้ทางการเกษตรครั้งนี้ ใช้ 2 ชุดดิน ได้แก่

ชุดดินสระบุรี จากพื้นที่ปลูกผักคะน้า ต ทุ่งน้อย อ.เมือง จ.นครปฐม

ชุดดินกำแพงแสน จากพื้นที่ปลูกผักคะน้า ต.หนองงูเหลือม อ.เมือง จ.นครปฐม

การสุ่มเก็บตัวอย่างดิน

ชุดดินสระบุรี

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกผักคะน้าซึ่งผ่านการเก็บเกี่ยวผลผลิตและทำการพักดินระยะหนึ่ง โดยเลือกสุ่มตัวอย่างดินจากหลายๆจุด ที่ระดับความลึกประมาณ 15 ซม. แล้วนำดินที่เก็บในแต่ละจุดมาทำเป็นตัวอย่างรวม (Composite Sample) นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ทุบดินให้มีขนาดประมาณ 2 มม. ชั่งใส่ถุงละ 3 กก. สำหรับดำเนินการทดลองต่อไป

ชุดดินกำแพงแสน

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ที่เคยทำการปลูกผักคะน้า โดยเลือกสุ่มตัวอย่างดินจากหลายๆจุด ที่ระดับความลึกประมาณ 15 ซม. แล้วนำดินที่เก็บในแต่ละจุดมาทำเป็นตัวอย่างรวม (Composite Sample) นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ทุบดินให้มีขนาดประมาณ 2 มม. ชั่งใส่ถุงละ 3 กก. สำหรับดำเนินการทดลองต่อไป

การเตรียมสิ่งทดลอง

1) การเตรียมดิน
   1. นำดินที่จะนำมาทำการศึกษาวิจัยให้เป็นตัวอย่างรวม
   2. นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำไปทุบให้มีขนาดเล็กประมาณ 2 มม.

3. ชั่งดินใส่ถุงพลาสติกถุงละ 3 กก. รัดปากถุงให้เรียบร้อย และทำการติดรหัสหมายเลข 1-54 สำหรับชุดดินสระบุรี และหมายเลข 55-108 สำหรับชุดดินกำแพงแสน

2) **การเตรียมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน**

1. นำกากตะกอนน้ำเสียชุมชนที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำ จากโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวางไปผึ่งแดดจัดติดต่อกันเป็นเวลา 8 วัน โดยเกลี่ยกากตะกอนน้ำเสียชุมชนให้หนาประมาณ 2-3 นิ้ว จนกากตะกอนน้ำเสียชุมชนแห้งสนิทและเป็นก้อนแข็ง
2. ทุบกากตะกอนน้ำเสียชุมชนให้มีขนาดเล็กประมาณ 2 มม.
3. ชั่งกากตะกอนน้ำเสียชุมชนใส่ถุงพลาสติกถุงละ 30 กรัม และถุงละ 120 กรัม นำไปติดรหัสดังตารางที่ ข1

ตารางที่ ข1 การใส่รหัสหมายเลขที่ถุงบรรจุกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

กากตะกอน (กรัม)	รหัสหมายเลข
30	S1-S36
120	S37-S72

3) **การเตรียมปุ๋ยเคมี**

1. นำปุ๋ยเคมีไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
2. ทุบปุ๋ยเคมีให้มีขนาดเล็ก นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.
3. แบ่งใส่ถุง ถุงละ 0.47 กรัม ติดรหัสเบอร์ F1-F36ข้างถุงพลาสติก

4) **การเตรียมสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสี**

1. เตรียมแคดเมียมและสังกะสีให้อยู่ในรูปสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่พบในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 20 และ 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์ เก็บใส่ขวดสีชา
2. เมื่อจะนำมาใช้จึงปิเปตใส่ขวดที่ปราศจากโลหะหนักปนเปื้อน ติดรหัส C1-C36 สำหรับสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมอัตรา 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์ รหัส C37-C72 สำหรับสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมอัตรา 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์ รหัส Z1-Z36 สำหรับสารละลายเกลือโลหะหนักสังกะสีอัตรา 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์และรหัส Z37-Z72 สำหรับสารละลายเกลือโลหะหนักสังกะสีอัตรา 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์ ดังตารางที่ข2

ตารางที่ ข2 รหัสของสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีเทียบเท่ากับที่พบในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 20 และ 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์

อัตราการเติมสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสี(เมตริกตัน/เฮกแตร์)	รหัสเบอร์	
	แคดเมียม	สังกะสี
20	C1-C36	Z1-Z36
80	C37-C72	Z37-Z72

การเติมสิ่งทดลองและการจัดเรียงกระถาง

1) **การเติมสิ่งทดลอง**

1. นำดินและสิ่งทดลองซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยเคมี กากตะกอนน้ำเสียชุมชน สารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสี มาทำการสุ่มเพื่อจับคู่ตามตำรับทดลองที่เตรียมไว้
2. นำดินและสิ่งทดลองที่จับคู่กันแล้วมาทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน การเติมสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีนั้นให้เติมสารละลายเกลือโลหะหนักทีละสาร

2) **การจัดเรียงกระถาง**

เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาวิจัยถึงผลจากการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนครั้งที่สองโดยมีการทิ้งช่วงการเติมครั้งที่สอง 3 ช่วง จึงจัดแบ่งการจัดเรียงกระถางในลักษณะ 3 แปลงต่อหนึ่งชุดดิน ในแต่ละแปลงประกอบด้วย 6 ตำรับทดลอง และแต่ละตำรับทดลองทำ 3 ซ้ำ

เมื่อทำการคลุกเคล้าสิ่งทดลองเสร็จเรียบร้อยจึงทำการจัดเรียงลงกระถางในลักษณะสุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ ข3 รดน้ำและปล่อยให้ทำปฏิกิริยากันประมาณ 1 สัปดาห์ จึงเริ่มทำการศึกษาวิจัย เมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเพาะปลูกแรกจึงนำดินแต่ละกระถางมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ทุบดินให้มีขนาดเล็กประมาณ 2 มม. แล้วจึงทำการคลุกเคล้าสิ่งทดลองตามที่ได้วางแผนไว้แล้ว โดยเว้นระยะการเติมสิ่งทดลองครั้งที่สอง 3 ช่วง คือ X_0 = เติมสิ่งทดลองครั้งที่สองทันที $X_{1/2}$ = เติมสิ่งทดลองครั้งที่สองหลังจากทิ้งไว้ 25 วัน และ X_1 = เติมสิ่งทดลองครั้งที่สองหลังจากทิ้งไว้ 50 วัน

การหาปริมาตรน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้จนอิ่มตัวพอดี

1. เตรียมภาชนะใส่น้ำขนาด 6,000 มิลลิลิตร บรรจุน้ำ 3,000 มิลลิลิตร
2. นำถุงพลาสติกซึ่งบรรจุดินแห้ง 3 กิโลกรัม มาเจาะรูเล็กๆ แล้วนำไปแช่ไว้ในภาชนะที่เตรียมไว้
3. ทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำเคลื่อนที่สู่ดินชั้นบนจนหมด บันทึกเวลาที่น้ำเคลื่อนที่จนถึงดินชั้นบนและหาปริมาตรน้ำที่เหลือ

<u>ชุดดินสระบุรี</u>

ปริมาตรน้ำก่อนแช่ดิน	3000	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำหลังแช่ดิน	2120	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำที่หายไป	880	มิลลิลิตร
น้ำเคลื่อนที่สู่ดินชั้นบนใช้เวลา	3 ชั่วโมง 25 นาที	

<u>ชุดดินกำแพงแสน</u>

ปริมาตรน้ำก่อนแช่ดิน	3000	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำหลังแช่ดิน	1995	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำที่หายไป	1005	มิลลิลิตร
น้ำเคลื่อนที่สู่ดินชั้นบนใช้เวลา	50 นาที	

ดังนั้นปริมาตรน้ำที่ชุดดินสระบุรีดูดซับไว้จนอิ่มตัวเท่ากับ 880 มิลลิลิตรและปริมาตรน้ำที่ชุดดินกำแพงแสนดูดซับไว้จนอิ่มตัวเท่ากับ 1005 มิลลิลิตร

ปริมาตรน้ำที่ใช้รดในแต่ละวัน

1. นำชุดดินสระบุรีและชุดดินกำแพงแสนที่อิ่มตัวพอดีตั้งทิ้งไว้ 1 วัน
2. เตรียมภาชนะใส่น้ำขนาด 3,000 มิลลิลิตร บรรจุน้ำ 2,000 มิลลิลิตร
3. นำชุดดินสระบุรีและชุดดินกำแพงแสนที่ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน แช่ลงในภาชนะที่เตรียมไว้เป็นเวลา 1 วัน
4. หาปริมาตรน้ำที่เหลือ จดบันทึกผล โดยปริมาตรน้ำที่หายไป คือ ปริมาตรน้ำที่จะต้องรดลงดินในแต่ละวัน

<u>ชุดดินสระบุรี</u>

ปริมาตรน้ำก่อนแช่ดิน	2000	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำหลังแช่ดิน	1890	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำที่หายไป	110	มิลลิลิตร

<u>ชุดดินกำแพงแสน</u>

ปริมาตรน้ำก่อนแช่ดิน	2000	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำหลังแช่ดิน	1950	มิลลิลิตร
ปริมาตรน้ำที่หายไป	50	มิลลิลิตร

ดังนั้นปริมาตรน้ำที่ต้องรดในแต่ละวันคือ 110 มิลลิลิตรและ 50 มิลลิลิตรในชุดดินสระบุรี และชุดดินกำแพงแสนตามลำดับ

การคำนวณปุ๋ยเคมี กากตะกอนน้ำเสียชุมชน และสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสี

1) กากตะกอนน้ำเสียชุมชน

1 เมตริกตันเท่ากับ 1 ตัน หรือเท่ากับ 1,000 กิโลกรัม

1 เฮกแตร์เท่ากับ 6.25 ไร่ หรือเท่ากับ 2,000,000 กิโลกรัม

<u>**อัตราการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์**</u>

หมายความว่า

ดินหนัก 2,000,000 กิโลกรัม เติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 20,000 กิโลกรัม

ดินหนัก 3 กิโลกรัม เติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน $\frac{20{,}000 \times 3}{2{,}000{,}000}$ = 0.03 กิโลกรัม

หรือเท่ากับ 30 กรัม

<u>**อัตราการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์**</u>

ดินหนัก 2,000,000 กิโลกรัม เติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 80,000 กิโลกรัม

ดินหนัก 3 กิโลกรัม เติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน $\frac{80{,}000 \times 3}{2{,}000{,}000}$ = 0.12 กิโลกรัม

หรือเท่ากับ 120 กรัม

2) **ปุ๋ยเคมี**

ใช้ปุ๋ยไข่มุกตราเรือใบสูตร 20-20-0 อัตราเติม 50 กิโลกรัม/ไร่ (เทียบเท่ากับ 0.3125 เมตริกตัน/เฮกแตร์)

6.25 ไร่ เท่ากับ 1 เฮกแตร์

1 ไร่ เท่ากับ 1/6.25 = 0.16 เฮกแตร์ คิดเป็นน้ำหนักดินเท่ากับ 320,000 กิโลกรัม

ดินหนัก 320,000 กิโลกรัม เติมปุ๋ยเคมี 50 กิโลกรัม

ดินหนัก 3 กิโลกรัม เติมปุ๋ยเคมี $\frac{50 \times 3}{320,000} = 47 \times 10^{-4}$ กิโลกรัม

หรือเท่ากับ 0.47 กรัม

3) <u>**สารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียมกับสังกะสี**</u>

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมกับสังกะสีในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนด้วย 0.005 M DTPA พบ Cd 26.12 ppb Zn 149.5 ppm ในกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 25 กรัม

<u>**การเตรียมสารละลายเกลือโลหะหนักแคดเมียม**</u>

แคดเมียม 26.12 ppb หมายความว่า

ในกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 1000 กรัมมีแคดเมียม 0.02612 มิลลิกรัม

ในกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 30 กรัมมีแคดเมียม 0.0007836 มิลลิกรัม

ในกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 120 กรัมมีแคดเมียม 0.00313 มิลลิกรัม

<u>**เตรียม** stock solution</u>

แคดเมียม 112.4 มิลลิกรัมมาจาก $CdCl_2.2^1/_2\ H_2O$ 228.35 มิลลิกรัม

แคดเมียม 78 มิลลิกรัมมาจาก $CdCl_2 2^1/_2\ H_2O$ 158.4635 มิลลิกรัม

ดังนั้นชั่ง $CdCl_2.2^1/_2\ H_2O$ 158.4635 มิลลิกรัม ละลายน้ำทำให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

จากนั้นปิเปต stock solution มา 1 มิลลิลิตรทำให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตรมีแคดเมียม 0.78 มิลลิกรัม

แคดเมียม 0.78 มิลลิกรัมอยู่ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร

แคดเมียม 0.00078 มิลลิกรัมอยู่ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร

แคดเมียม 0.00313 มิลลิกรัมอยู่ในสารละลาย 4 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายโลหะหนักสังกะสี

สังกะสี 149.5 ppm หมายความว่า

ในกากตะกอนน้ำเสีย	1000	กรัมมีสังกะสี	149.5	มิลลิกรัม
ในกากตะกอนน้ำเสีย	30	กรัมมีสังกะสี	4.485	มิลลิกรัม
ในกากตะกอนน้ำเสีย	120	กรัมมีสังกะสี	17.94	มิลลิกรัม

เตรียม stock solution

สังกะสี	63.546	มิลลิกรัมมาจาก $ZnCl_2$	134.452	มิลลิกรัม
สังกะสี	897	มิลลิกรัมมาจาก $ZnCl_2$	1897.8920	มิลลิกรัม

ดังนั้นชั่ง $ZnCl_2$ 1897.8920 มิลลิกรัม ละลายน้ำทำให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ในสารละลาย	500	มิลลิลิตรมีปริมาณสังกะสี	897.00	มิลลิกรัม
ปริมาณสังกะสี	897.00	มิลลิกรัมอยู่ในสารละลาย	500	มิลลิลิตร
ปริมาณสังกะสี	4.485	มิลลิกรัมอยู่ในสารละลาย	2.5	มิลลิลิตร
ปริมาณสังกะสี	17.94	มิลลิกรัมอยู่ในสารละลาย	10	มิลลิลิตร

รูปที่ ข3 แสดงการจัดเรียงกระถางเพื่อปลูกผักคะน้าของชุดดินสระบุรีและชุดดินกำแพงแสน

SS80-2	HM20-2	HM20-3
C-2	SS20-2	SS20-1
SS20-3	C-3	C-1
HM80-1	HM20-1	SS80-1
F-1	F-3	F-2
HM80-2	HM80-3	SS80-3

X0

C-3	HM80-1	SS20-1
HM20-3	C-2	HM20-2
HM80-3	SS20-3	C-1
HM20-1	F-2	SS80-3
SS80-1	SS80-2	F-1
HM80-2	SS20-2	F-3

X1/2

F-1	C-3	SS20-3
HM80-3	F-2	C-2
HM80-2	HM80-1	SS20-1
HM20-1	SS20-2	SS80-3
F-3	HM20-2	SS80-1
HM20-3	SS80-2	C-1

X1

(ก) ชุดดินสระบุรี

C-2	F-2	HM20-2
SS80-2	C-3	HM20-3
SS20-3	HM20-1	SS80-3
HM80-3	SS20-1	SS20-2
F-3	HM80-2	F-1
SS80-1	HM80-1	C-1

X1/2

SS20-3	HM80-3	SS20-1
HM20-2	F-1	SS80-2
F-3	C-2	F-2
C-3	HM80-1	SS20-2
HM80-2	SS80-1	C-1
SS80-3	HM20-1	HM20-3

X1

SS80-2	C-3	HM20-2
HM20-1	HM80-2	SS20-2
HM80-3	C-2	HM20-3
C-1	F-3	F-2
SS20-1	HM80-1	F-1
SS20-3	SS80-1	SS80-3

X0

(ข) ชุดดินกำแพงแสน

หมายเหตุ C ดินควบคุม SS20 เติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์ HM20 เติมโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีอัตรา 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์

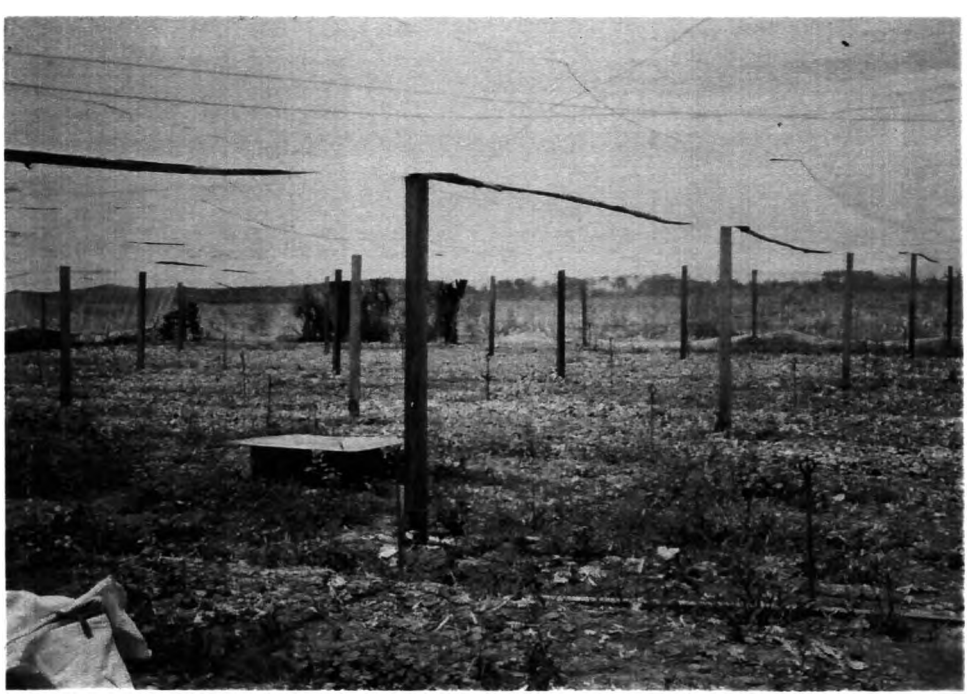
F เติมปุ๋ยเคมี SS80 เติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์ HM80 เติมโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีอัตรา 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์

X0 เติมสิ่งทดลองครั้งที่สองทันที X1/2 เติมสิ่งทดลองครั้งที่สองหลังทิ้งช่วง 25 วัน X1 เติมสิ่งทดลองครั้งที่สองหลังทิ้งช่วง 50 วัน

ภาคผนวก ค

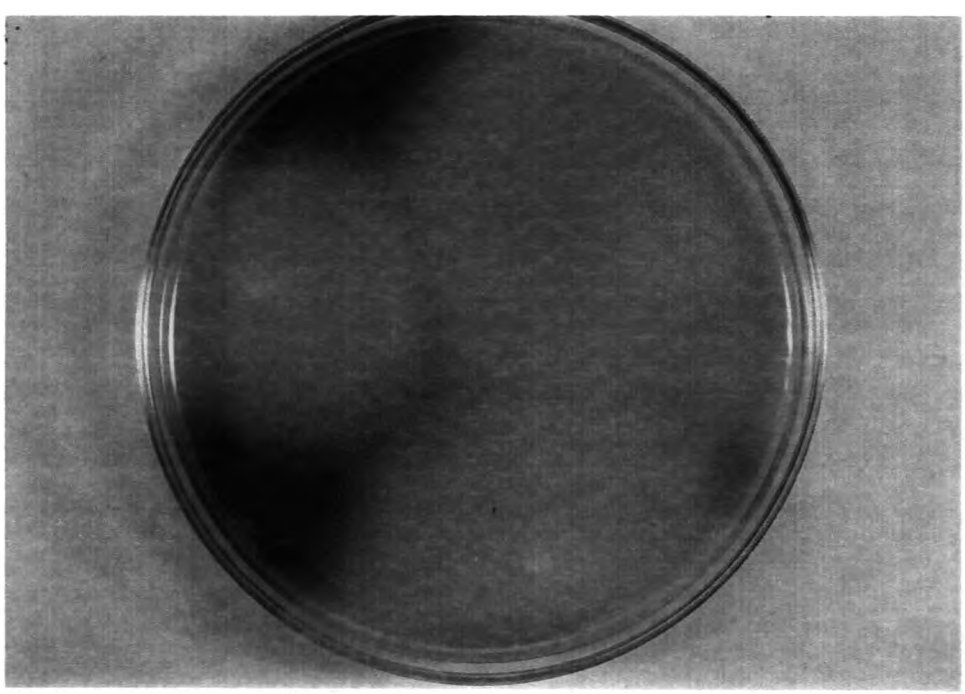
ภาพงานวิทยานิพนธ์บางส่วน

รูปที่ 1 ปอสูบน้ำเสียของกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง

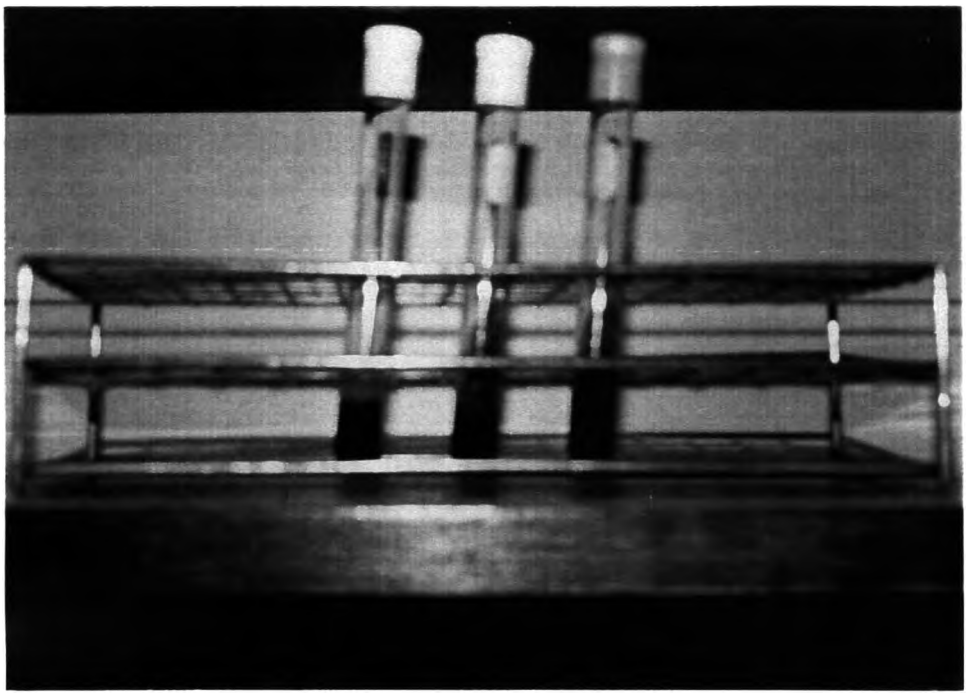


รูปที่ 2 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่เกษตรกรรม ต. หนองงูเหลือม อ.เมือง จ.นครปฐม

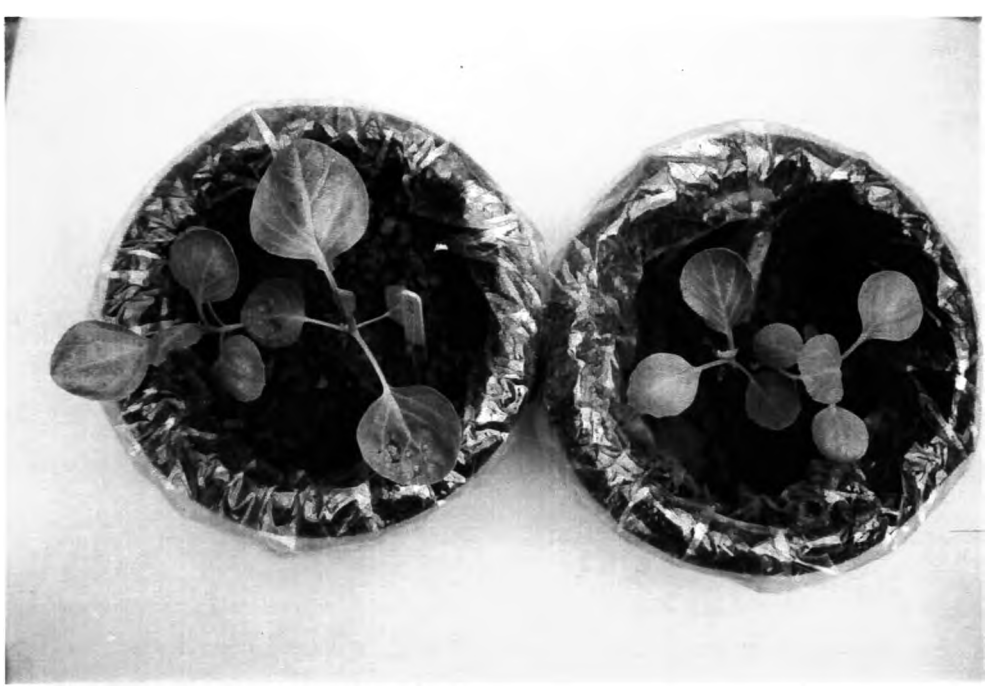
รูปที่ 3 กากตะกอนน้ำเสียชุมชนที่ทำการผึ่งแดดก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร



รูปที่ 4 ลักษณะการแผ่แฟลกเจลลาของซาลโมเนลลาบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MSRV



รูปที่ 5 การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของซาลโมเนลลา



รูปที่ 6 ลักษณะของผักคะน้าที่ทำการปลูกในกระถาง

ภาคผนวก ง

โรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง

โรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง
สังกัด : กองควบคุมน้ำเสีย สำนักระบายน้ำ

ประวัติความเป็นมาของโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง

โรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวางเป็นโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชนที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่แห่งแรกในประเทศไทย โดยได้ทำการก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2515 แล้วเสร็จเปิดดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2517

วัตถุประสงค์ที่สร้างเพื่อบำบัดน้ำเสียจากอาคาร(Domestic Waste) จากอาคารแฟลต 38 หลัง ขณะนั้นอยู่ในความควบคุมดูแลของกองควบคุมน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 4 กันยายน 2533 เนื่องจากพิจารณาเห็นว่ากรุงเทพมหานคร เป็นหน่วยงานหลักที่สมควรจะเข้ามาทำหน้าที่ควบคุมดูแลรักษาสภาพแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

ข้อมูลทางด้านวิศวกรรม

1.	บ่อพักรวมมีความจุ	195	ม.^{3}
2.	บ่อตกตะกอนขั้นแรกมีความจุบ่อละ	390	ม.^{3}
3.	บ่อเติมอากาศมีความจุบ่อละ	230	ม.^{3}
4.	บ่อตกตะกอนขั้นสุดท้ายมีความจุขั้นละ	300	ม.^{3}
5.	ถังหมักตะกอนมีความจุ	1,000	ม.^{3}
	ชนิดอาคารในชุมชนแฟลต 5 ชั้นและแฟลต 4 ชั้น		
	จำนวนหน่วยในชุมชน	1,360	หน่วย
	จำนวนประชากร	16,800	คน
	พื้นที่โครงการ	82	ไร่
	จำนวนประชากรต่อพื้นที่	205	คน/ไร่
	พื้นที่ของโรงบำบัดน้ำเสีย	3.25	ไร่
	พื้นที่ของโรงบำบัดน้ำเสียต่อที่อยู่อาศัย	1.55	ม.^{2}/หน่วย

BOD เฉลี่ย ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	224	มก./ลิตร (Digester)
BOD เฉลี่ย ในน้ำออกจากระบบ	25	มก./ลิตร (Digester)
การกำจัด BOD หรือประสิทธิภาพ	88.9 %	
งบประมาณที่ใช้ก่อสร้าง	24	ล้านบาท

F/M = 0.2

DT = 3-6

Flow Rate = 1,296 m^3 / d

รายการอุปกรณ์เครื่องจักรกลแยกตามอาคารได้ดังนี้

1. อาคารสกรูปั๊ม
   - เครื่องสูบน้ำชนิดสกรูปั๊มขนาด 30 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องสูบน้ำชนิดสกรูปั๊มขนาด 30 แรงม้า หมายเลข 2
   - เครื่องสูบน้ำชนิดสกรูปั๊มขนาด 30 แรงม้า หมายเลข 3
   - เครื่องสูบตะกอนชนิดสกรูปั๊มขนาด 7.5 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องสูบตะกอนชนิดสกรูปั๊มขนาด 7.5 แรงม้า หมายเลข 2
   - เครื่องบดตะกอนและเครื่องสูบตะกอนดิบขนาด 10 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องบดตะกอนและเครื่องสูบตะกอนดิบขนาด 10 แรงม้า หมายเลข 2
2. บ่อเติมอากาศ
   - เครื่องเติมอากาศชนิดใบมีดขนาด 20 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องเติมอากาศชนิดใบมีดขนาด 20 แรงม้า หมายเลข 2
3. บ่อตกตะกอนขั้นแรก
   - เครื่องกวาดตะกอนขั้นแรกขนาด 0.75 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องกวาดตะกอนขั้นแรกขนาด 0.75 แรงม้า หมายเลข 2
4. บ่อตกตะกอนขั้นสุดท้าย
   - เครื่องกวาดตะกอนขั้นสุดท้ายขนาด 0.75 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องกวาดตะกอนขั้นสุดท้ายขนาด 0.75 แรงม้า หมายเลข 2
5. ถังหมักตะกอน
   - เครื่องหมุนเวียนแก๊สขนาด 7.5 แรงม้า
   - เครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนขนาด 10 แรงม้า

6. อาคารอุ่นตะกอน
   - เครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนขนาด 4 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนขนาด 4 แรงม้า หมายเลข 2
7. อาคารรีดตะกอน
   - เครื่องรีดตะกอนชนิดสายพาน หมายเลข 1
   - เครื่องรีดตะกอนชนิดสายพาน หมายเลข 2
   - เครื่องสูบน้ำชะล้างสายพานขนาด 4 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องสูบน้ำชะล้างสายพานขนาด 4 แรงม้า หมายเลข 2
   - เครื่องสูบน้ำชะล้างสายพานขนาด 4 แรงม้า หมายเลข 3
   - เครื่องสูบตะกอนขนาด 1.25 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องสูบตะกอนขนาด 1.25 แรงม้า หมายเลข 2
   - เครื่องสูบจ่ายสารเคมีขนาด 0.43 แรงม้า หมายเลข 1
   - เครื่องสูบจ่ายสารเคมีขนาด 0.43 แรงม้า หมายเลข 2
   - เครื่องสูบจ่ายสารเคมีขนาด 0.43 แรงม้า หมายเลข 3
   - เครื่องสูบจ่ายสารเคมีขนาด 0.43 แรงม้า หมายเลข 4
8. บนรางส่งน้ำ
   - เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ
   - เครื่องวัดอัตราการไหลของตะกอนกลับ
9. มิเตอร์ของการไฟฟ้านครหลวง หมายเลขเครื่องวัดที่ Q-25000 ขนาด 400 แอมป์ 220/280 โวลต์ 3 ยก 4 สาย
10. ตู้คอนโทรล
11. อุปกรณ์อื่นๆ
    - เครื่องสูบน้ำแบบบลูเตอร์ 1 เครื่อง
    - มอเตอร์เครื่องเติมอากาศ ขนาด 20 แรงม้า 1 เครื่อง
    - รยก 2 ตัน 1 ตัว

ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง

ระบบบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวางแบ่งการบำบัดออกเป็น 2 ระบบคือ

1. การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment)
2. การกำจัดตะกอน (Sludge Treatment and Disposal)

1. **การบำบัดน้ำเสีย** (Wastewater Treatment)
   มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ดู Flow Diagram ประกอบ)

1) บ่อสูบน้ำเสีย (Pump Sump)

น้ำเสียจากแฟลตที่พักอาศัยไหลมารวมกันที่ท่อระบายน้ำเสีย ซึ่งออกแบบเป็นท่อแยกจากท่อระบายน้ำฝนไหลเข้าสู่บ่อสูบน้ำเสีย ซึ่งมีตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) กั้นขยะขนาดใหญ่ เช่น ถุงพลาสติก ท่อนไม้ กระดาษ ฯลฯ จากนั้นน้ำเสียจะถูกสูบขึ้นสู่รางตกตะกอนกรวดทราย โดยเครื่องสูบน้ำชนิด Screw Pump ซึ่งมีจำนวน 3 เครื่อง รวมทั้ง Standby 1 เครื่อง

2) รางตกตะกอนกรวดทราย (Grit Chamber)

ก่อนที่น้ำเสียจะถูกสูบส่งเข้าสู่รางตกตะกอนกรวดทราย จะมีตะแกรงละเอียด (Fine Screen) กั้นน้ำเสียก่อน เพื่อกั้นขยะที่ลอยเล็ดลอดจากตะแกรงหยาบเข้ามา จากนั้นน้ำเสียจะไหลไปตามรางซึ่งออกแบบไว้ให้มีระยะเพียงพอให้สิ่งที่เจือปนมากับน้ำเสียที่มีขนาดเล็กและพวกกรวดทรายสามารถตกตะกอนได้ กรวดทรายและสิ่งเจือปนต่างๆที่ตกตะกอนอยู่ในรางตกตะกอนกรวดทรายจะถูกตักขึ้นและนำไปทิ้ง จากนั้นน้ำเสียจะไหลเข้าสู่บ่อตกตะกอนขั้นแรก ขั้นตอนนี้มีระยะกักพักประมาณ 18 นาที

3) บ่อตกตะกอนขั้นแรก (Primary Sedimentation Tank)

ทำหน้าที่รับน้ำเสียจากรางตกตะกอนกรวดทราย ในบ่อนี้ออกแบบให้ตะกอนตกค้างที่ผ่านรางตกตะกอนกรวดทรายตกตะกอนในบ่อนี้ และรับตะกอนเร่งจากถังตกตะกอนขั้นที่สองที่เป็นส่วนเกินจากที่ส่งเข้าบ่อเติมอากาศประมาณ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการจับตัวกันเป็นก้อน (Floc) ระหว่างตะกอนเร่งหรือตะกอนจุลินทรีย์และของเสียที่อยู่ในลักษณะเป็นก้อนเล็กมาก ซึ่งไม่ละลายน้ำ ทำให้การตกตะกอนในบ่อนี้มีประสิทธิภาพสามารถลดความสกปรกของน้ำเสียได้ประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ น้ำใสจะไหลล้นออกลงรางรับน้ำไหลเข้าสู่ถังเติมอากาศ ส่วนที่ตกตะกอนจะถูกสูบส่งไปยังบ่อเก็บตะกอน เพื่อสูบส่งขึ้นถังหมักตะกอน (Digestion) ต่อไป ขั้นตอนนี้มีระยะกักพักประมาณ 9 ชั่วโมง

4) บ่อเติมอากาศ (Aeration Tank)

รับน้ำล้นจากบ่อตกตะกอนขั้นแรกมาบำบัด โดยมีเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ซึ่งเป็นแบบ (Submersible Aerator) ทำงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อเติมออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์ เพื่อนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปสารแขวนลอยด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีทำให้เปลี่ยนรูปเป็นตะกอนที่มีน้ำหนัก โดยออกแบบให้มีระยะเวลากักพักในบ่อเติมอากาศประมาณ 4-6 ชั่วโมง การนำจุลินทรีย์ที่เป็นตะกอนเร่งจากบ่อตกตะกอนขั้นที่สอง หมุนเวียนกลับเข้ามาในบ่อเติมอากาศด้วยเครื่องสูบตะกอนชนิด Screw Pump โดยปรับอัตราการหมุนเวียนตะกอนในปริมาณ 50-100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ เพื่อเป็นการรักษาปริมาณจุลินทรีย์ให้เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่ทำการบำบัด ซึ่งสามารถวัดได้ในรูปของ MLSS(Mixed Liquid

Suspended Solids) กำหนดให้ค่า MLSS ตามที่ออกแบบไว้ที่ 2,000-2,500 มก./ลิตร เพื่อรักษาค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเติมอากาศประมาณ 2 มก./ลิตร ให้ค่าอัตราส่วนระหว่างของเสียในรูป BOD ต่อความเข้มข้นของจุลินทรีย์เทียบได้เท่ากับ 0.06-0.2 หลังการเก็บกักในบ่อเติมอากาศประมาณ 4-6 ชั่วโมง จะถูกส่งเข้าบ่อตกตะกอนขั้นสุดท้ายเพื่อแยกน้ำใสออกจากตะกอนต่อไป

5) บ่อตกตะกอนขั้นที่สองหรือขั้นสุดท้าย (Secondary Sedimentation Tank)

ทำหน้าที่แยกตะกอนที่มีลักษณะเป็นฟลอคออกจากน้ำใส ตะกอนที่ตกลงก้นถังจะถูกสูบกลับโดยเครื่องสูบชนิด Screw Pump เพื่อสูบเข้าบ่อเติมอากาศ ส่วนปริมาณที่เกินต้องการจะไหลเข้าสู่บ่อตกตะกอนขั้นแรกเพื่อสูบเข้าถังหมักตะกอน (Digestor) ต่อไป ส่วนน้ำใสจะไหลล้นลงบ่อน้ำทิ้ง เพื่อนำไปเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค (Chlorination) และปล่อยลงสู่คลองห้วยขวางต่อไป น้ำทิ้ง (Effluent) ที่บำบัดได้มาตรฐานโดยทั่วไปเมื่อวัดคุณภาพน้ำในรูป BOD จะมีค่าไม่เกิน 20 มก./ลิตร และได้ค่า Suspended Solids ประมาณ 30 มก./ลิตร

2. **การบำบัดตะกอน** (Sludge Treatment)

การบำบัดตะกอนเป็นส่วนหนึ่งของการบำบัดน้ำเสีย ตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบหากไม่มีการบำบัดและกำจัดให้ถูกต้อง จะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ตะกอนเหล่านี้เป็นที่รวมของเชื้อโรคหรือไข่พยาธิ หากปล่อยทิ้งโดยไม่กำจัดให้ถูกวิธี อาจเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ การกำจัดตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง มีขั้นตอนที่ค่อนข้างสมบูรณ์ โดยนำตะกอนไปทำการหมักในถังหมักตะกอนที่เรียกว่า Digestion ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) บ่อพักตะกอน (Sludge Sump)

บ่อนี้จะรับตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นแรกในอัตราเฉลี่ย 10-15 ลบ.ม./วัน ที่บ่อนี้จะมีเครื่องสูบตะกอนและบดตะกอนให้มีขนาดเล็กลงก่อนสูบเข้าถัง Digestor

2) ถังย่อยตะกอน (Digestion Tank)

รับตะกอนจากบ่อพักตะกอนด้วยเครื่องสูบตะกอน จะถูกเก็บกักในถังหมักประมาณ 30-60 วัน ในถังย่อยจะมีสภาพไร้อากาศ (Anaerobic Condition) จะมีเครื่องหมุนกวนตะกอนทำงาน 3 เครื่องตลอดเวลา (24 ชั่วโมง) เพื่อหมุนเวียนตะกอนในถังให้คลุกเคล้ากันทั่วถัง และเพื่อให้ปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จึงควรควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม (40 องศาเซลเซียส) เพียงพอให้แบคทีเรียชนิดต่างๆ ทำการย่อยสลายตะกอน เกิดก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซที่เกิดขึ้นสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้ทั่วไป แต่ในปัจจุบันโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวางยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการนำก๊าซที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด มีเพียง gas eliminator เพื่อกำจัดก๊าซที่เป็นพิษมีกลิ่นรบกวน เช่น H_2S เท่านั้น เนื่องจากตะกอนที่ผ่านการหมักแล้วมีปริมาณน้อย ตะกอนหลังการย่อยสลายจะมีปริมาณความเข้มข้นของ

ของแข็ง (Solids Contents) ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์จากนั้นจะสูบไปเก็บไว้ในถัง Consolidation เพื่อให้ตะกอนจับตัวกันมากขึ้น

3) **ถังคงสภาพ** (Consolidation Tank)

เป็นถังเก็บตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแล้วเพื่อให้ตะกอนจับตัวกันมากขึ้นและแยกตัวออกจากน้ำแล้วจึงสูบขึ้นสู่ห้องรีดตะกอน น้ำใสส่วนบนจะถูกส่งกลับเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียที่ Pump Sump ปอแรก เพื่อบำบัดอีกครั้งหนึ่ง ตะกอนที่ได้ในถังนี้จะมี Solid Contents ประมาณ 7-10 เปอร์เซ็นต์

4) **การแยกน้ำจากกากตะกอน** (Sludge Dewatering)

การแยกน้ำจากกากตะกอนในขั้นนี้ ตะกอนจากถังคงสภาพจะถูกสูบขึ้นมาที่ห้องแยกน้ำจากกากตะกอน ซึ่งมีเครื่องแยกน้ำจากกากตะกอนชนิด Belt Press 2 เครื่อง สามารถแยกน้ำจากกากตะกอนได้เฉลี่ย 1-2 ลบ.ม./วัน ในขั้นนี้จะมีการใช้สารเคมีผสมกับตะกอนเพื่อให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำจากกากตะกอนดีขึ้น สารเคมีที่ใช้อยู่คือ Polymer ซึ่งเป็นตัวคลุกเคล้ากับกากตะกอน ทำให้ตะกอนจับตัวกันได้มากขึ้น สะดวกต่อการแยกน้ำ ตะกอนหลังการแยกน้ำจะมี Solid Contents ประมาณ 14-20 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเป็นก้อนและมีความชื้นที่เหมาะสม สะดวกในการขนส่งพร้อมที่จะนำไปกำจัดต่อไป

การกำจัดตะกอน (Sludge Disposal)

ตะกอนที่ได้จากการแยกน้ำออกแล้วจะบรรทุกใส่รถนำไปถมที่ โดยผสมกับดินหรือทำปุ๋ย คุณสมบัติของตะกอนนี้จะเป็นปุ๋ยอย่างดี และไม่เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม จากผลการวิเคราะห์ของกองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ได้วิเคราะห์ตัวอย่างดิน (ตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง) พบว่าตะกอนมีคุณสมบัติที่จะนำไปใช้ปรับปรุงดินเดิมได้ดี เนื่องจากมีธาตุอาหารต่างๆสูง อินทรีย์วัตถุและ CEC สูง

ภาคผนวก จ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. <u>อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมเอง</u>

อาหารเลี้ยงเชื้อ MSRV

อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้เป็นอาหารที่เกิดจากการปรับปรุง selective enrichment medium เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการตรวจหาซาลโมเนลลา โดยมุ่งหวังให้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้มากที่สุด และส่งเสริมให้ซาลโมเนลลามีอัตราการเจริญสูงกว่าแบคทีเรียแกรมลบอื่นๆด้วย อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้จะมีลักษณะเด่น คือ

1. เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดที่เป็น semi-solid หรือ gel เนื่องจากการใช้ agar ในปริมาณที่น้อย จึงทำให้สภาพของอาหารเป็น semi-solid จึงทำให้ซาลโมเนลลาแสดงคุณสมบัติของการเคลื่อนที่ออกมาให้เห็นได้
2. มีส่วนประกอบของ magnesium chloride และ malachite green ที่มีผลในการยับยั้งแบคทีเรียอื่นๆ
3. การใช้ระดับอุณหภูมิที่สูงในการบ่มเชื้อ คือ 42 ±0.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ซาลโมเนลลาสามารถเจริญได้ ในขณะที่แบคทีเรียอื่นๆไม่สามารถเจริญได้
4. อาหารเลี้ยงเชื้อมีความเป็นกรดสูง คือ พีเอช 5.2 ±0.2 ซึ่งจะยับยั้งแบคทีเรียในลำไส้ชนิดอื่น แต่ซาลโมเนลลาสามารถทนต่อความเป็นกรดสูงได้
5. ชนิดของ peptone ที่เป็นองค์ประกอบในอาหารพบว่าเมื่อใช้ tryptose แทน typetone จะเพิ่มระยะการเคลื่อนที่บน semi-solid medium ได้ดีกว่าการใช้ tryptone, soya-peptone และ peptone

สูตรที่ 1

Modified Semi-solid Rappaport-Vassiliadis enrichment medium ของ De Smedt มีสูตรดังนี้

ส่วนผสม

Solution A	Tryptone	10	กรัม
	NaCl	8	กรัม
	KH_2PO_4	1.6	กรัม
	Ditilled Water	600	มิลลิลิตร
Solution B	$MgCl_2.6H_2O$	400	มิลลิลิตร
	Ditilled Water	1000	มิลลิลิตร
Solution C	Malachite green oxalate	4	กรัม
	Ditilled Water	1000	มิลลิลิตร
Solution D	Agar	3	กรัม
	Ditilled Water	400	มิลลิลิตร

วิธีผสม

ผสม Solution A ปริมาตร 600 มล. กับ Solution B ปริมาตร 80 มล. และ Solution C ปริมาตร 10 มล. และ Solution D ปริมาตร 400 มล. เข้าด้วยกัน และ novobiocin เข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร 1.1 มิลลิลิตร เทใส่จานเพาะเชื้อโดยไม่ต้องฆ่าเชื้อ

สูตรที่ 2

เป็นสูตรที่ทาง WHO National *Salmonella* and *Shigella* Center ได้ดัดแปลงให้เตรียมได้ง่าย และสะดวก

ส่วนผสม

Typtose	4.59	กรัม
Casein hydrolysate	4.59	กรัม
NaCl	7.34	กรัม
KH_2PO_4 (anhydrous)	1.47	กรัม
$MgCl_2.6H_2O$ (anhydrousใช้ 10.93 กรัม)	23.31	กรัม
Malachite green 0.4% (oxalate ใช้ 0.04 กรัม)	10	มิลลิลิตร
Agar	3.3-3.5	กรัม

Distilled Water	990.83	กรัม
พีเอช	5.2 ±0.2	

วิธีผสม

ต้มให้เดือด นึ่ง 10 ปอนด์ 15 นาที แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น 50 องศาเซลเซียส เทใส่เพลทละ 18-20 มล. ปล่อยทิ้งไว้ให้วุ้นแข็ง

2. อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

ประกอบด้วย

1) Modified Semi-solid Rappaport Vassiliadis (MSRV)

ชั่ง MSRV 15.8 กรัมละลายในน้ำกลั่น 500 มล. ต้มให้เดือด แต่อย่าใช้ไฟแรงเกินไป สังเกตให้ agar ละลายให้หมด ไม่ต้องทำปราศจากเชื้อ ปล่อยให้เย็นประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส เทลงเพลทด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ

2) Salmonella-Shigella agar (SS)

ชั่ง SS 60 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มล. ต้มจนได้สารละลายใส เทลงเพลทด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ

3) Xylose Lysine Desoxycholate agar (XLD)

ชั่ง XLD 57 กรัม เติมน้ำกลั่น 1000 มล. ต้มจนได้สารละลายใสแล้วเทลงเพลท

4) Buffer Peptone Water (BPW)

ชั่ง BPW 25.5 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1000 มล. แบ่งใส่ขวดละ 225 มล. ทำปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

5) Selenite enrichment broth

ชั่ง Selenite enrichment broth 23 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1000 มล.ที่อุณหภูมิห้อง แบ่งใส่หลอดทดลองที่ทำปราศจากเชื้อแล้วปริมาตร 10 มล.

6) Tetrathionate broth

นำส่วนผสมเหล่านี้ผสมกันแล้วต้มจนเดือด ปล่อยให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วเติมสารละลายไอโอดีน (Iodine cryst 6 กรัม KI 5 กรัม น้ำกลั่น 20 มล.) ปริมาตร 20 มล. ใส่ในหลอดทดลอง 15 หลอด

7) Brilliant Green agar (BGA)

ชั่ง BGA 58 กรัม เติมน้ำกลั่น 1000 มล. ทำปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที แล้วเทลงเพลทด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ

8) Triple sugar iron agar (TSI)

ชั่ง TSI 65 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มล. ด้วยการต้มจนได้สารละลายใส แบ่งใส่หลอดทดลองขณะร้อนหลอดละประมาณ 7 มล. ปิดจุกหลอดทดลอง นำไปทำปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที นำออกจากหม้อนึ่งความดันไอน้ำ เอียงให้อาหารในหลอดเอียงโดยอาหารที่ก้นหลอดสูงประมาณ 3 เซนติเมตร และส่วนอาหารที่ลาดเอียงยาวประมาณ 4 เซนติเมตร

9) Lysine iron agar (LIA)

ชั่ง LIA 34.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มล. ด้วยการต้มจนได้สารละลายใส แบ่งใส่หลอดทดลองขณะร้อนหลอดละประมาณ 7 มล. ปิดจุกหลอดทดลอง นำไปทำปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที นำออกจากหม้อนึ่งความดันไอน้ำ เอียงให้อาหารในหลอดเอียงโดยอาหารที่ก้นหลอดสูงประมาณ 3 เซนติเมตร และส่วนอาหารที่ลาดเอียงยาวประมาณ 4 เซนติเมตร

10) Semisolid Indole Motility Test Medium (SIM)

ชั่ง SIM 30 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มล. ด้วยการต้มจนได้สารละลายใส แบ่งใส่หลอดทดลองขณะร้อนหลอดละประมาณ 4 มล. ปิดจุกหลอดทดลอง นำไปทำปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที นำออกจากหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ทิ้งให้เย็น

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของซาลโมเนลลา

การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี	ผลการทดสอบ
Glucose	+
Lactose	-
Mannitol	+
Citrate test	+
Lysine decarboxylase test	+
Indole production test	-
Hydrogen sulfide production	±
Motility test	±

ประวัติผู้เขียน

นางสาว วรรณวิมล เศาณานนท์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538