รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ณรงค์ จิตต์จรุงเกียรติ. "การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากถั่วเหลืองโดยกรรมวิธีชั้นตะกอนจุลชีพไร้อากาศแบบไหลขึ้น" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529).

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

พีรพงษ์ ทิพยาทร, "การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำโดยระบบยูเอเอสบี" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530).

สุเมธ ชวเดช, "ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ" เอกสารวิชาการของห้องปฏิบัติการวิศวสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529, หน้า 1-32 (อัดสำเนา).

_____. "ระบบหมักก๊าซชีวภาพ Upflow Anaerobic Sludge Blanket" เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ก๊าซชีวภาพ เสนอที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ธนบุรี 1-12 ธันวาคม 2530, หน้า 1-13. (อัดสำเนา).

สุพรรณ ชาตตระกูล, "โครงการการศึกษาวิจัยการบำบัดน้ำกากส่าโดยระบบ (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)", งานสิ่งแวดล้อมและเทคนิคการผลิต, สำนักงานกลุ่มบริษัทสุราทิพย์, 2529. (อัดสำเนา).

อรุณี วจนะวิจัย, "การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเบียร์โดยกระบวนการยูเอเอสบี" เอกสารในการสัมมนาวิชาการระดับชาติครั้งที่ 2 เรื่องเทคโนโลยีน้ำและน้ำเสีย เสนอที่หอ

ประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 15 มีนาคม 2533, หน้า 37-49. (อัดสำเนา).

ภาษาอังกฤษ

Albertson, O.E., "Ammonia Nitrogen and the Anaerobic Environment", Water Pollution Control Federation, 33 No.9 (1961): 978-995.

Bolle, W.L., et al., "Modeling the Liquid Flow in Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket Reactors", Biotechnology and bioengineering, 28 (1986): 1615-1620.

Buijs, C., Heertjes, P.M., and Vander meer, R.R., "Distriibution and Behavior of Sludge in Upflow Reactor for Anaerobic Treatment of Waste Water", Biotechnology and Bioengineering, 24 (1982): 1975-1979.

Buswell, A.M., Mueller, H.F., "Mechanism of Methane Fermentations, Industrial and Engineering Chemistry, 44 (1952): 550-552.

Cayless, S.M., da Motta Marques, D.M.L. and Lester, J.N., "A Study of the Effects of Methanol in Start-up of UASB Reactors", Biological Wastes, 31 (1990): 123-135.

Chen Ann Cheng, "Thermophilic Treatment of High Strength Wastewater by Modified Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB)", (Master' s Thesis, Asian Institute of Technology, 1991) .

Chen, et al., "A Modified UASB Process Treating Winery Wastewater", Water Science and Technology, 22 No.9 (1990): 167-175.

Christensen, D.R., Gerick, J.A., Eblen, J.E., "Design and Operation of an UASB Reactor", WPCF, 56 No.9 (1984): 1059-1062.

Dolfing, J., et al., "Chemical and Bacteriological Composition of Granular Methanogenic Sludge", in Biology of Anaerobic Microorganisms, 1988.

Eckenfelder, W.W., "Principles of Water Quality Management", CBI Publishing Company, (1979)

Endo, G., "Microbial Ecology of Granulation and Bulking of Anaerobiic Biological Sludge", IAWPPC 's Asian Workshop at SASA International House BKK Thailand, (1988).

Gaudy, A.F., "The Transient Response to pH and Temperature Shock Loading of Fermentation Systems", Biotechnology and Bioengineering, 17 (1975): 1051-1064.

Goodwin, J.A.S, Waste, D.A.J, and Forster, C.F., "Anaerobic Digestion of Ice-cream Wastewaters Using the UASB Process", Biological Waste, 32 (1990): 125-144.

Guyot, J.P., and Ramirez, F., "Inhibition of the Anaerobic Acetate Degradation by Formate", Biotechnology Letters, 11 (5)(1989): 365-368.

Habets, et al., "On sight High Rate UASB Anaerobic Demonstration Plant Treatment of NSSC Wastewater", Water Science and Technology, 20 No.1 (1988): 87-98.

Heertjes, P.M., and Van der Meer R.R., "Dynamics of Liquid Flow in an Upflow Reactor Used for Anaerobic Treatment of

Wastewater", Biotechnology and Bioengineering, 20 (1978): 1577.

Hideki Harada, "High Rate Performance of UASB Process for Treatment of High-Strength Wastewaters", Regional Work on Anaerobic Treatment of Wastewaters from Agro-Industry, Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand, 22-23 May 1990: 1-10.

Hulshoff, L.W.P, de Zeeuw, W.J., Velzeboer, C.T.M., Lettinga, G., "Granulation in UASB Reactor", Wat. Sci. Tech., 15 (1983a): 291-304.

Jacobs, A., "Energy Recovery from Wastewater Treatment Systems", (1980): 259-272.

Jayadevan Jeyabalasingham, "High Rate Anaerobic Treatment of Industrial Wastewater at Thermophilic condition, (Master's Thesis, Asian Institute of Technology, 1992): 30-55.

John N., Lester, Georgia Dinopoulou, and Thomasine Rudd, "Anaerobic Acidogenesis of a Complex Wastewater: 1. The Influence of Operational Parameters on Reactor Performance", Biotecnology and Bioengineering, 31 (1988): 958-968.

Kirsch, E.G., and Sykes, R.M., "Anaerobic Digestion in Biological Waste Treatment", Progress in Industrial Microbiology, 9 (1971): 155-237.

Koster, I.W., and Lettinga, G., "Application of the Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) Process for Treatment of Complex Wastewaters at Low Temperatures", Biotechnology and

Bioengineering, 27 (1985): 1411-1417.

Krocker, E.T., "Anaerobic Treatment Process Stability", WPCF, 51 (1979): 718.

Lettinga, G., et al., "Anaerobic Treatment Using the UASB Process", Seminar on Anaerobic Wastewater Treatment, Sydney, Australia, August, (1982): 500.

_____. et al., "Use Upflow Sludge Blanket (USE) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment Especially for Anaerobic Treatment", Biotechnology and Bioengineering, 22(1980): 699.

_____. et al., "Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage in UASB Reactors at Temperatures from 9°-20°C.", Proceeding Workshop/ Seminar, (1985): 109-124.

_____. et al., "The Application of the UASB Reactor for the Direct Treatment of Domestic Wastewater under Tropical Conditions", Proceeding Workshop/ Seminar (1985): 259-276.

MacLeod, R.A., and Snell, E.E., "Ion Antagonism in Bacteria as Related to Antimetabolites", Annuals New York Acadamy Science, 52 (1949-1950): 1249.

McCarty, P.L., "Anaerobic Waste Treatment Fundamentals, Part 1, Chemistry and Biology", Public Works, 95 (1964): 107.

_____. "Part 3 Toxic materials and their control", Anaerobic Waste Treatment Fundamental, Public Works, 95 (1964a): 91-94.

_____. and McKinney, R.E., "Salt Toxicity in Anaerobic

Digestion", WPCF, 33 (1961): 399.

Metcalf and Eddy, "Anaerobic Suspended Growth Treatment Processes", in Wastewater engineering Treatment Disposal Reuse, (McGraw Hill International Editions, 1991): 33.

Meynel, P.J., "Methane: Planning a Digester", Prism Press, U.K., 1976:20.

Pette, K.C. and Versprille, A.I., "Application of the UASB Concept for Wastewater Treatment", International Symposium on Anaerobic Digestion, Elsevier Biomedical Press B.V., 1982: 121-133.

Sanders, F.A. and Bloodgood, D.E., "The Effect of Nitrogen to Carbon Ratio on Anaerobic Decomposition", Water Pollution Control Federation, 37 No.12 (1965): 1741-1752.

Sanchez, F.R.P., Cardoba and Sinerigt, F., "Use of the Reactor for the Anaerobic Treatment of Stillage from Sugar Cane Molass", Biotechnology and Bioengineering, 27 (1985): 1710-1716.

Sayed Sameh,William de Zeeuw and Lettinga,G.,"Anaerobic Treatment of Slaughterhouse Waste Using a Flocculant Sludge UASB Reactor", Agricultural Wastes (1984): 197-226.

Schulze, D., Fiebic, R. and Dellweg, H., "Development of Granular Sludge in the UASB Treatment of Model Waste Water Containing Gelatine", Biotech Letters,10 (5)(1988): 319-324.

Seng, CE., Fernandes and Paskins, A.R., "Biochemical Effects of Administering Shock Load of Sucrose to a Laboratory Scale

Anaerobic (UASB) Effluent Treatment Plant", Wat. Res., 20 (1986): 789-994.

Souza, M.E., "Criteria for the Utilization Design and Operation of UASB Reactors", Wat.Sci.Tech., 18 (1986): 55-69.

Stronach, S.M., Rudd, T. and Lester, J.N., "Start-up of Anaerobic Bioreactors on High Strength Industrial Wastes", Biomass, 13 (1987): 17-197.

Sumaeth Chavadej, et al., "UASB for Distillery Wastewater Treatment", Seminar on Anaerobic Waste Treatment and Sanitation Technologies, AIT and Pattaya, 1988: 6-7.

Takashi Kimata et al., "Anaerobic Treatment of Thermal Sludge Conditioning Liquor with Granular Sludge", Water Environment Research, 65 (1993): 6-14.

Verink, J., et al., "Pilot-Scale Research for Distillery Wastewater Treatment", Biotechnology Seminar on Agro-Industry Waste Management, Bangkok, Thailand, 1990: 1-26.

Visser, A., Gao, Y. and Lettinga, G., "Effect of pH on Methanogenesis and Sulphate Reduction in Thermophilic (55^{O}C.) UASB Reactors", Bioresource Technology, 44 (1993): 113-121.

Wiegant, W.M. and de Man, A.W.A. "Granulation of Biomass in Thermophilic Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors Treating Acidified Wastewaters", Biotechnology and Bioengineering, 28 (1986): 718-727.

_____. and Lettinga, G., "High Rate Anaerobic Wastewater Treatment Using the UASB Reactor under a Wide Range of Temperature Conditions", Biotechnology and Genetic Engineering Review, 2 (1984): 253-257.

_____. and Lettinga, G., "Thermophilic Anaerobic Digestion of Sugars in Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors", Biotechnology and Bioengineering, 27 (1985): 1603-1607.

_____. Claassen, J.A. and Lettinga, G., "Thermophilic Anaerobic Digestion of High Strength Wastewaters", Biotechnology and Bioengineering, 27 (1985): 1374-1381.

Yan, J.Q., Lo, K.V. and Pinder, K.L., "Instability Caused by High Strength of Chesse Whey in a UASB Reactor", Biotechnology and Bioengineering, 41 (1993): 700-706.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์

ก.1 pH

วิธีการหาค่า pH

วัดโดยตรงด้วยเครื่อง pH meter HANNA instruments 8417 ดังนี้

ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างแท่งแก้วอิเล็คโทรดให้สะอาด ใช้กระดาษทิชชูชนิดเนื้อละเอียดซับน้ำให้แห้ง ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่อง ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างอิเล็คโทรดอีกครั้งซับน้ำให้แห้ง จุ่มแท่งแก้วอิเล็คโทรดลงในตัวอย่างน้ำตัวอย่าง รอให้ค่า pH คงที่สักครู่อ่านค่า pH ที่ได้

ก.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

ที่มา

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2535)

วิธีวิเคราะห์

อบกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Microfibre Filter, Whatman GF/C) ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103^{o}-105^{o}ซ.ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งหาน้ำหนัก วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ (buchner funnel) ซึ่งต่อกับเครื่องดูดอากาศ (suction apparatus) ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์ กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่เหมาะสมโดยอาศัยแรงดูดช่วย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้

ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่ถาดอะลูมิเนียมเล็กๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 103^{o}-105^{o}ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องใน desiccator ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)} = \frac{\text{น้ำหนักสารที่เพิ่มขึ้น (มก.)} \times 1000}{\text{มล. ตัวอย่าง}}$$

ก.3 ซีโอดี (COD)

ที่มา

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2535)

วิธีวิเคราะห์

ใส่ 0.4 กรัม $HgSO_4$ ลงในขวดก้นกลม ใส่ลูกแก้วเล็กๆ (glass beads) 3-4 ลูก (เพื่อช่วยให้การเดือดเป็นไปโดยสม่ำเสมอ) เติมน้ำตัวอย่าง (ที่ผ่านการเซนตริฟิวจ์ที่ 5000 รอบต่อนาที นาน 10 นาทีและทำให้เจือจางตามอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว) จำนวน 20 มล. เขย่า เติม 10 มล.ของสารละลายมาตรฐาน 0.25 N $K_2Cr_2O_7$ จากนั้นค่อยๆ เติม 30 มล.ของสารละลาย $H_2SO_4 + Ag_2SO_4$ นำขวดกลั่นไปต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ที่เปิดน้ำหล่อเย็นไว้แล้ว แกว่งขวดกลั่นเบาๆ ให้สารเคมีในขวดเข้ากัน รีฟลักซ์ประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ล้างคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาตรประมาณ 140 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น ไตเตรท $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือด้วยสารละลาย 0.1 N $Fe(NH_4)_2{\cdot}(SO_4)_2$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้วโดยใช้เฟอโรอิน (ferroin) เป็นอินดิเคเตอร์ ทำแบลงค์ (blank) โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

วิธีคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มก./ล.)} = \frac{(D-S)\ N \times 8000}{\text{มล.ตัวอย่าง}}$$

เมื่อ D = มล. $Fe(NH_4)_2 \cdot (SO_4)_2$ ที่ใช้ไตเตรทแบลงค์

S = มล. $Fe(NH_4)_2 \cdot (SO_4)_2$ ที่ใช้ไตเตรทน้ำตัวอย่าง

N = Normality ของ $Fe(NH_4)_2 \cdot (SO_4)_2$

หมายเหตุ: กรณีที่มีการเจือจางน้ำตัวอย่าง ต้องนำค่า dilution factor มาคูณด้วย

ก.4 <u>กรดอินทรีย์ระเหย (VFA)</u>

ที่มา

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2535)

วิธีวิเคราะห์

ใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการเซนตริฟิวจ์ที่ 5000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จำนวน 10 มล.ใส่ในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่นลงในขวดกลั่นอีก 190 มล. เติม 1+1 H_2SO_4 5 มล. ต่อเข้ากับชุดกลั่นด้วยไอน้ำ กลั่นจนได้ปริมาตร 150 มล. นำไปไตเตรทกับ 0.1 N NaOH ที่มีความเข้มข้นแน่นอน โดยใช้ฟินอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไตเตรท} \times N \times 60000}{\text{มล.ตัวอย่าง}}$$

(ในรูปของกรดน้ำส้ม)

เมื่อ N = ความเข้มข้นของ NaOH ที่ใช้

ก.5 ค่าความเป็นด่าง (alkalinity)

ที่มา

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2535)

วิธีวิเคราะห์

ใช้น้ำตัวอย่างเดียวกันกับที่ใช้หาปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย จำนวน 10 มล.ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 300 มล. เติมน้ำกลั่นใส่บิกเกอร์ให้สารละลายทั้งหมดมีปริมาตรเป็น 100 มล. วัด pH ของตัวอย่างน้ำ ไตเตรทน้ำตัวอย่างด้วย 0.1 N HCl ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน จนได้ pH เท่ากับ 4.00 โดยใช้ pH meter ที่มี magnetic bar เป็นตัวกวน

วิธีคำนวณ

$$\text{ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)} = \frac{\text{ปริมาตร HCl ที่ใช้ไตเตรท} \times N \times 50000}{\text{มล.ตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้น HCl

ก.6 Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)

ที่มา

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2535)

วิธีวิเคราะห์

ใช้วิธีเดียวกับการหาปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)โดยใช้น้ำตัวอย่างจากแต่ละระดับภายในถังยูเอเอสบีมาหาค่า SS แล้วคำนวณตามสูตร ค่า MLSS นี้ควรวิเคราะห์ก่อนเปลี่ยนอัตราป้อนสารอินทรีย์ใหม่ทุกครั้งหรือเมื่อระบบมีปัญหา เช่น VFA สูงมาก COD ไม่ลดลง เพราะอาจมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียในระบบ wash out อันจะทำให้ MLSS มีค่าน้อยกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20,000 มก./ล. ซึ่งต้องดำเนินการแก้ไขต่อไป

วิธีคำนวณ

$$MLSS\ (มก./ล.) = \frac{(SS_1 xD_1)+(SS_2 xD_2)+.....+(SS_n xD_n)}{D_1+D_2+.....+D_n}$$

เมื่อ SS_1 (มก./ล.) = ตะกอนที่จุดเก็บตัวอย่าง (sampling port) ที่ 1

D_1 (ซม.) = ระยะจากก้นถังถึงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1

SS_n (มก./ล.) = ตะกอนที่จุดเก็บตัวอย่าง (sampling port) ที่ n

D_n (ซม.) = ระยะจากจุดเก็บตัวอย่างที่ n-1 ถึงจุดเก็บตัวอย่างที่ n

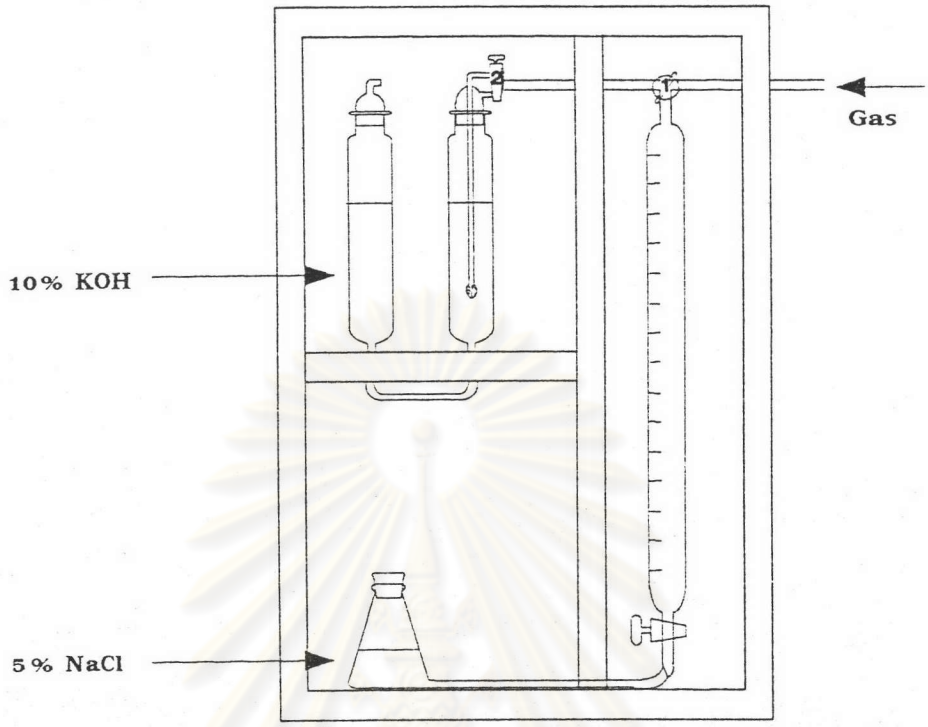
ก.7 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ที่มา

ธงชัย พรรณสว้สดิ์ (2535)

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ orsat gas analyzer ดังแสดงในรูป ก.1 โดยมีวิธีดังต่อไปนี้ ใส่สารดูดซึมก๊าซ (10% KOH) ลงในภาชนะดูดซึม (absorption vessel) และใส่ 5% NaCl ลงในขวดปรับระดับให้มากพอที่เมื่อยกขวดปรับระดับให้สูงขึ้นถึงระดับเหนือเครื่องมือแล้ว NaCl จะเต็มบิวเรตพอดี เปิดวาล์ว 1 ให้ก๊าซชีวภาพเข้าไปแทนที่ NaCl ในบิวเรต ปิดวาล์ว 1 เมื่อได้ก๊าซเป็นปริมาณที่ต้องการ อ่านปริมาตร (ให้เป็น A มล.) ต่อจากนั้นเปิดวาล์ว 1 เพื่อให้ก๊าซไหลผ่านไปสู่ภาชนะใส่สารดูดซึม โดยเมื่อเปิดวาล์ว 2 และยกขวดปรับระดับขึ้นสูงก๊าซจะไหลเข้าสู่ภาชนะ 10% KOH จะดูดซึม CO_2 ไว้ เมื่อปิดวาล์ว 2 และยกขวดปรับระดับลงต่ำก๊าซชีวภาพจะไหลออกสู่บิวเรต ทำเช่นนี้ซ้ำไปมา 5-6 ครั้งจนสามารถอ่านปริมาตร NaCl ในบิวเรตได้คงที่ จดปริมาตร NaCl ที่อ่านได้ (ให้เป็น B มล.)



รูปที่ ก.1 orsat gas analyzer

วิธีคำนวณ

$$\%CO_2 = \frac{\text{ปริมาตรก๊าซที่หายไป } (A-B) \times 100}{A}$$

$$\%CH_4 \text{ และก๊าซอื่นๆ} = 100 - \%CO_2$$

หมายเหตุ: การอ่านปริมาตรที่บิวเรตทุกครั้งต้องให้ระดับน้ำในขวดปรับระดับและในบิวเรตเท่ากัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1-ข.10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆตลอดการทดลอง ในแต่ละอัตราป้อนสารอินทรีย์ ตั้งแต่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 0.2 กก.ซีโอดี/ม^3·วัน จนถึงอัตราป้อนสารอินทรีย์สุดท้ายคือ 12.8 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

ในแต่ละตารางนำผลการทดลองที่ได้แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ กับจำนวนวันที่ทำการทดลอง

ตาราง ข.1 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.1 -ข.6

ตาราง ข.2 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.7 -ข.12

ตาราง ข.3 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.13-ข.18

ตาราง ข.4 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.19-ข.25

ตาราง ข.5 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.26-ข.32

ตาราง ข.6 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.33-ข.39

ตาราง ข.7 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.40-ข.46

ตาราง ข.8 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.47-ข.53

ตาราง ข.9 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.54-ข.60

ตาราง ข.10 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์รูปที่ ข.61-ข.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

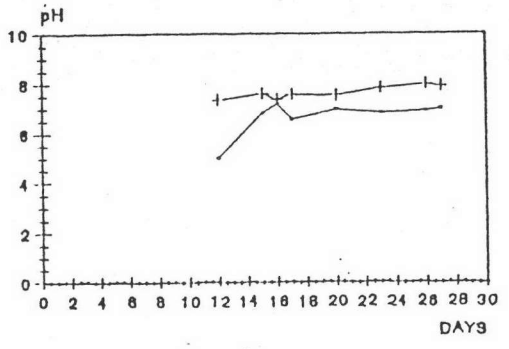
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 0.2 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 42 วัน

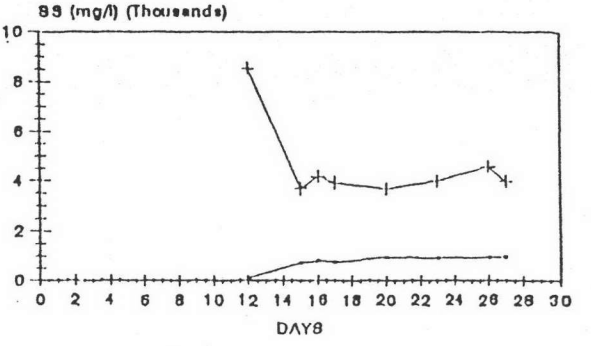
DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^3d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.7	–	–	–
2	5.68	890	8956	–	–	8.86	3380	14928	–	–	0.5	0.1	–	–
5	7.23	–	9513	–	–	8.24	–	24895	–	–	1.0	0.3	–	–
9	4.52	150	–	240	425	8.19	5067	23616	690	3925	0.4	–	–	–
11	–	–	–	–	–	–	5625	–	669	–	0.9	–	–	–
12	5.02	145	2783	–	650	7.37	8545	17693	780	3800	0.9	0.1	–	–
15	6.85	740	3162	306	1275	7.62	3700	15808	840	3525	0.9	0.1	–	–
16	7.21	820	5548	320	1250	7.38	4170	16952	750	3600	0.9	0.1	–	–
17	6.59	760	5422	340	1275	7.58	3920	17470	720	3725	0.9	0.1	–	–
20	6.98	960	6718	390	1325	7.57	3675	14928	510	3525	0.9	0.2	–	–
23	6.84	940	13354	375	1250	7.84	4000	9146	510	3550	0.9	0.3	–	–
26	6.91	952	16099	690	2045	7.98	4575	8237	480	3325	0.8	0.4	–	–
27	7.00	960	16286	675	2000	7.91	3975	8050	390	3350	0.8	0.4	–	–
AVG	6.91	880	9510	440	1490	7.70	4000	12940	600	3510	0.8	0.2	–	–
STD	0.17	90	5135	150	340	0.20	280	3950	155	130	0.1	0.1	–	–

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

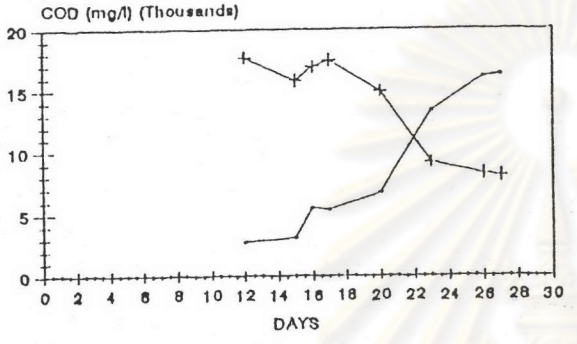
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 15-27



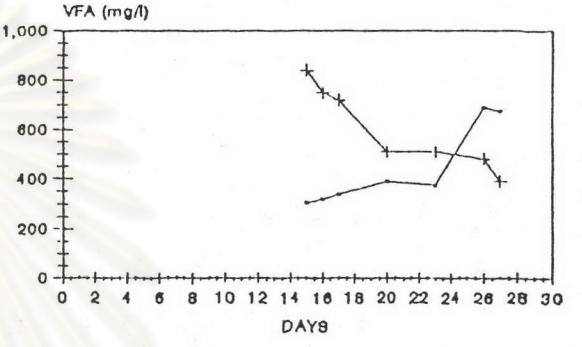
รูปที่ ข.1



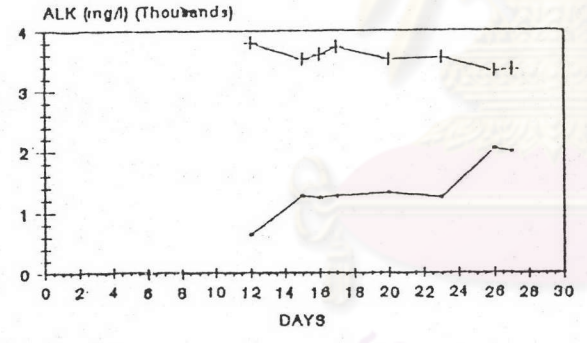
รูปที่ ข.2



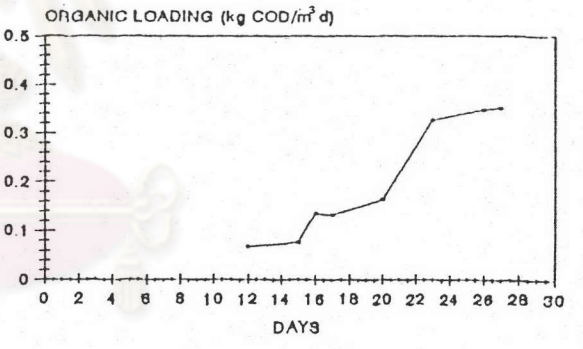
รูปที่ ข.3



รูปที่ ข.4



รูปที่ ข.5



รูปที่ ข.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

—INF
+EFF

รูปที่ ข.1-ข.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 0.2 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

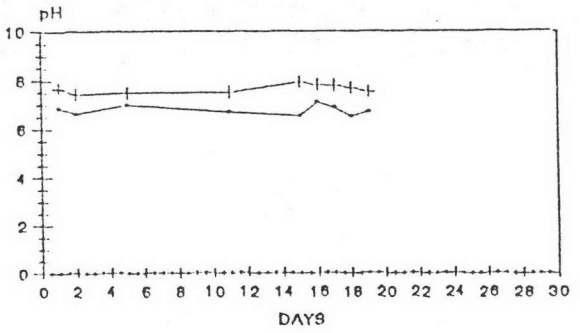
ตารางที่ ข.2 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 0.7 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 35 วัน

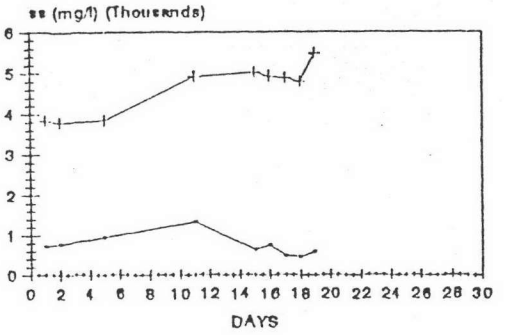
DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^{3}d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	6.87	730	24738	180	1750	7.68	3833	19418	360	3250	0.9	0.6	–	–
2	6.64	770	19352	240	1775	7.44	3784	13220	300	3200	1.0	0.6	–	–
5	7.00	950	25889	300	2000	7.50	3850	12885	470	3350	0.9	0.7	–	–
11	6.70	1330	22764	326	2000	7.51	4920	11692	504	3550	1.0	0.6	–	–
15	6.54	640	24118	534	2125	7.92	5020	12798	474	3550	1.0	0.7	–	–
16	7.10	750	24304	250	2125	7.80	4920	12746	460	3725	1.0	0.7	–	–
17	6.88	480	24852	207	2125	7.78	4880	12762	415	3725	1.0	0.7	–	–
18	6.50	460	24722	267	2000	7.68	4790	12750	269	3600	1.0	0.7	–	–
19	6.71	590	22665	207	2025	7.53	5480	12799	415	3725	1.0	0.7	–	–
AVG	6.75	580	24130	290	2080	7.7	5020	12770	410	3685	1.0	0.7	–	–
STD	0.22	110	780	120	60	0.13	240	20	70	75	0	0	–	–

หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 15-19

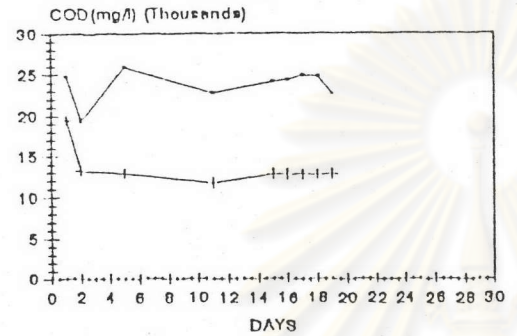
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



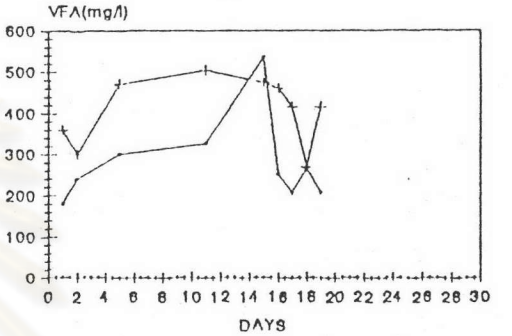
รูปที่ ข.7



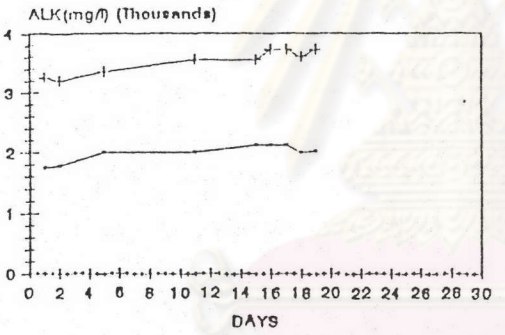
รูปที่ ข.8



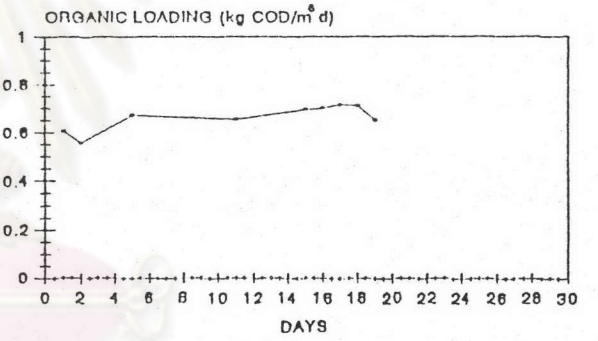
รูปที่ ข.9



รูปที่ ข.10



รูปที่ ข.11



รูปที่ ข.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

—INF
+EFF

รูปที่ ข.7-ข.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 0.7 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

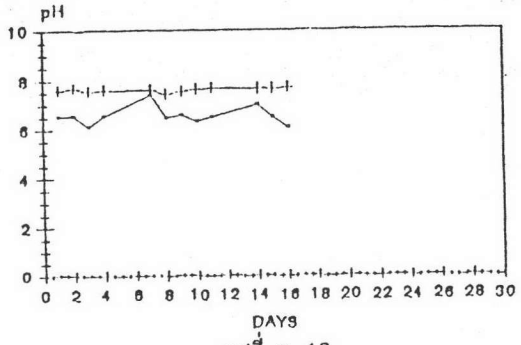
ตารางที่ ข.3 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 1.3 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 26 วัน

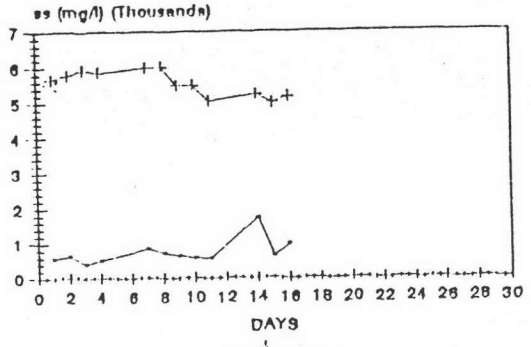
DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^{3}d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	6.53	570	33182	267	2275	7.60	5670	14238	237	4075	1.5	1.4	–	–
2	6.57	635	33433	315	2175	7.69	5786	14955	303	4009	1.3	1.2	–	–
3	6.12	410	36668	534	1900	7.57	5930	13732	415	3950	1.5	1.6	–	–
4	6.55	515	37170	420	2005	7.60	5866	14030	417	4169	1.3	1.4	–	–
7	7.41	850	28192	302	2000	7.61	6000	14094	534	4092	1.3	1.0	–	–
8	6.48	720	32104	474	2400	7.44	6020	14602	682	4225	1.3	1.2	–	–
9	6.59	640	32947	435	2163	7.55	5500	14573	516	4316	1.3	1.2	–	–
10	6.33	570	30411	652	2175	7.63	5500	15589	504	4400	1.3	1.1	–	–
11	6.50	567	33002	530	2542	7.68	5060	14300	500	4566	1.3	1.2	–	–
14	7.00	1730	30954	296	2775	7.66	5240	14274	415	4775	1.5	1.3	–	–
15	6.50	632	32559	320	2761	7.65	5001	14485	460	4835	1.5	1.4	–	–
16	6.06	980	45837	948	2825	7.69	5170	15529	474	4900	1.0	1.3	–	–
AVG	6.52	980	35590	520	2725	7.67	5120	14640	460	4770	1.3	1.3	–	–
STD	0.33	460	5970	260	110	0.02	90	520	30	125	0.2	0.06	–	–

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

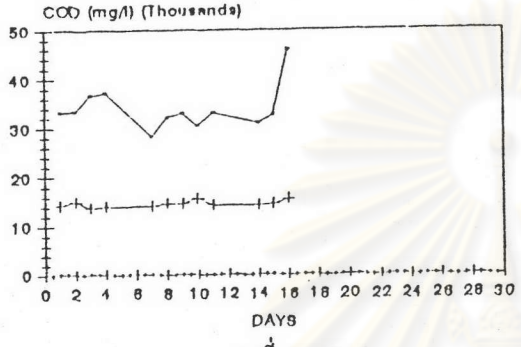
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 11-16



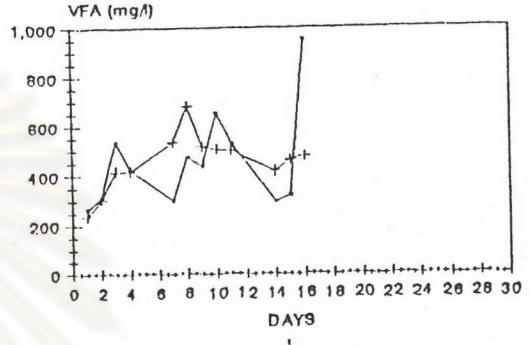
รูปที่ ข.13



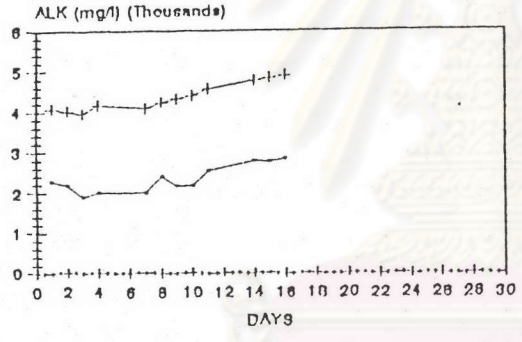
รูปที่ ข.14



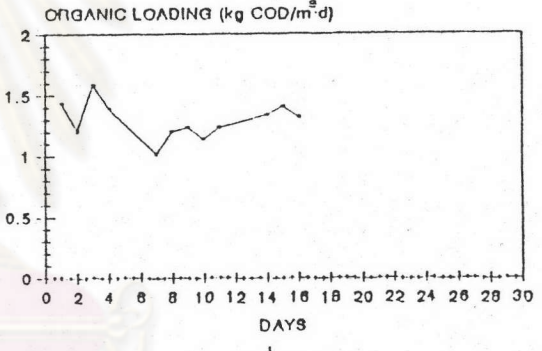
รูปชี่ ข.15



รูปที่ ข.16



รูปที่ ข.17



รูปที่ ข.18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

—INF
+EFF

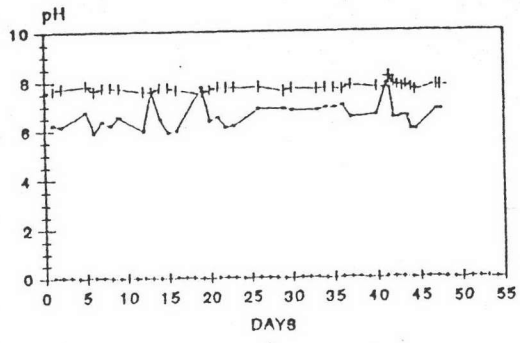
รูปที่ ข.13-ข.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 1.3 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.0 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

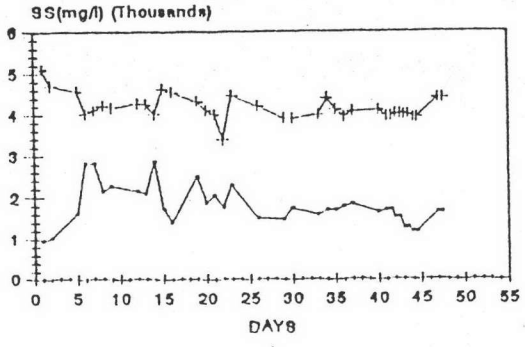
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 23 วัน

DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^{3}d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	6.24	948	44249	616	2775	7.61	5100	15781	460	5160	1.5	1.9	2.1	65/35
2	6.18	1030	38940	860	2925	7.73	4700	15548	445	5275	1.5	1.7	1.4	65/35
5	6.75	1617	51894	872	2950	7.83	4570	15828	474	4950	1.5	2.3	2.5	64/36
6	5.90	2810	45862	915	2818	7.60	4020	16066	534	5100	1.5	2.1	2.2	65/35
7	6.35	2815	58328	540	3025	7.73	4100	17432	540	5315	1.5	2.5	2.4	65/35
8	6.20	2150	49545	575	3000	7.74	4220	20455	600	5670	1.5	2.1	2.7	67/36
9	6.54	2270	51173	430	3216	7.72	4165	21731	615	6000	1.5	2.2	2.5	66/35
12	5.97	2150	58626	534	3450	7.58	4270	22022	589	6200	1.5	2.6	2.8	66/34
13	7.59	2090	39521	471	3472	7.58	4250	22131	637	6217	1.5	1.7	2.8	65/35
14	6.44	2853	53036	475	3450	7.71	4016	21746	622	6120	1.3	2.0	2.9	66/34
15	5.90	1710	54258	474	3516	7.73	4620	20526	582	6225	1.4	2.2	2.9	67/33
16	5.98	1410	51881	446	3425	7.63	4541	20519	669	6240	1.5	2.2	2.8	68/32
19	7.74	2489	53849	366	3726	7.52	4320	21173	671	6217	1.5	2.3	3.0	67/33
20	6.36	1870	49668	575	3650	7.64	4100	21860	660	5900	1.5	2.2	3.0	67/33
21	6.52	2050	52267	520	3545	7.75	4000	20755	657	6400	1.5	2.3	2.9	68/32
22	6.12	1760	51111	534	3100	7.74	3390	22821	552	6450	1.5	2.2	3.0	65/35
23	6.17	2290	50140	540	4020	7.75	4460	21756	445	6230	1.5	2.2	2.9	66/34
26	6.88	1500	51308	366	4250	7.76	4200	20562	563	5870	1.5	2.2	2.9	71/29
29	6.88	1480	45932	540	4250	7.81	3900	25386	534	6840	1.5	2.0	3.0	65/35
30	6.81	1730	49836	550	4312	7.71	3900	24132	593	7037	1.5	2.2	3.0	65/35
33	6.81	1550	48316	593	4475	7.58	4000	25380	296	7250	1.5	2.1	3.0	64/36
34	6.89	1695	48504	550	4475	7.71	4400	25192	534	7120	1.4	1.9	2.8	63/37
35	6.90	1690	50436	540	4250	7.69	4120	25758	386	7046	1.5	2.2	2.9	63/37
36	6.99	1780	47997	530	4160	7.65	3950	25491	470	7120	1.4	1.9	3.0	63/37
37	6.50	1834	48019	267	3900	7.82	4074	26765	474	7250	1.5	2.1	2.9	62/38
40	6.80	1645	47470	267	4020	7.75	4100	25430	450	7150	1.5	2.1	3.0	63/37
41	7.09	1695	46862	475	3600	7.73	3957	26144	386	6840	1.5	2.0	3.0	67/33
	7.09	1695	46862	475	3600	8.15	3957	25432	345	6840	1.5	2.0	3.0	67/33
42	6.47	1518	47132	510	4020	7.85	4015	25770	370	7120	1.5	2.0	3.0	65/35
	6.47	1518	47132	510	4020	7.80	4015	26010	300	7120	1.5	2.0	3.0	65/35
43	6.53	1273	46585	470	4100	7.74	4000	25955	354	7250	1.5	2.0	2.9	66/34
	6.53	1273	46585	470	4100	7.81	4000	25955	382	7250	1.5	2.0	2.9	66/34
44	6.00	1150	46997	296	3700	7.69	3930	25473	370	6850	1.5	2.0	3.0	65/35
	6.00	1150	46997	296	3700	7.60	3930	25309	361	6850	1.5	2.0	3.0	65/35
47	6.80	1650	46820	500	3950	7.82	4400	25400	410	7120	1.5	2.0	3.0	65/35
	6.80	1650	46820	500	3950	7.80	4400	25400	300	7120	1.5	2.0	3.0	65/35
AVG	6.69	1486	46830	436	3990	7.79	4060	25620	370	7060	1.5	2.0	3.0	65/35
STD	0.53	296	240	96	196	0.13	165	220	36	166	0	0	0	-

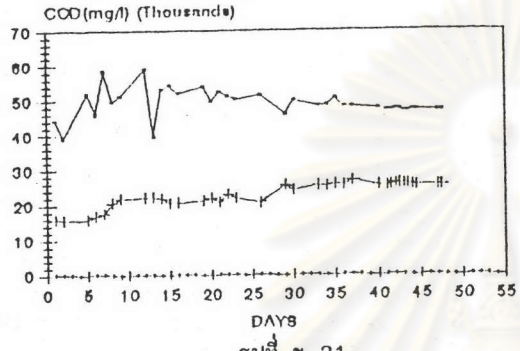
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 40-47



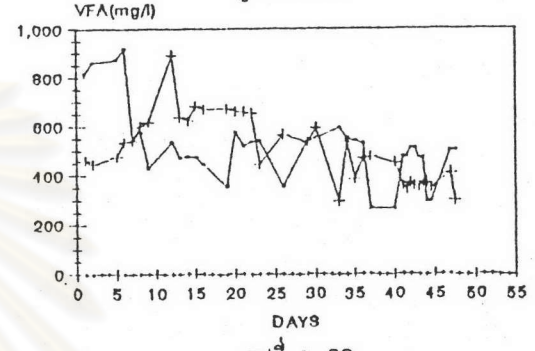
รูปที่ ข.19



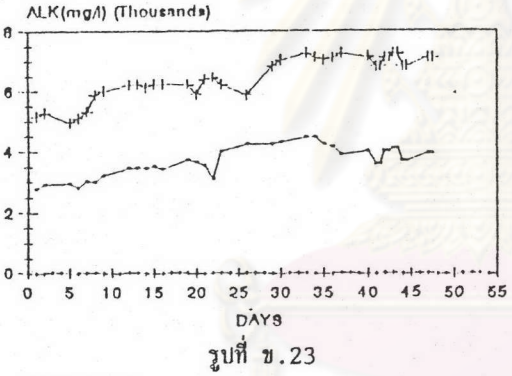
รูปที่ ข.20



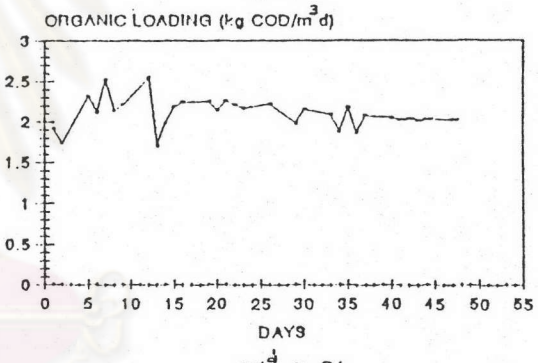
รูปที่ ข.21



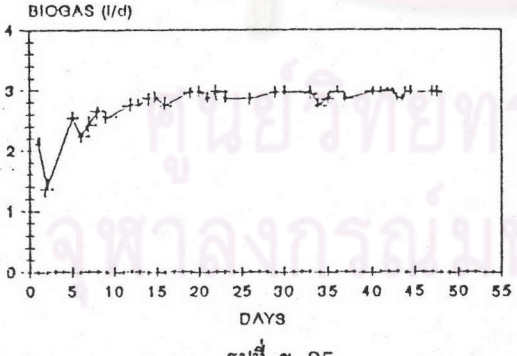
รูปที่ ข.22



รูปที่ ข.23



รูปที่ ข.24



รูปที่ ข.25

รูปที่ ข.19-ข.25 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.0 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

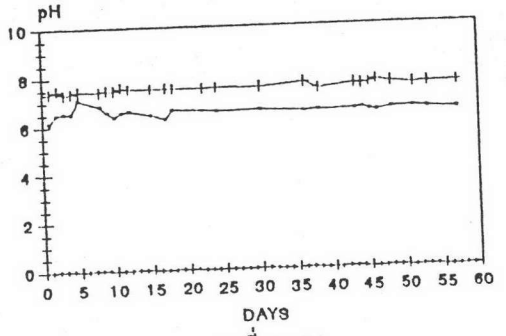
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.5 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

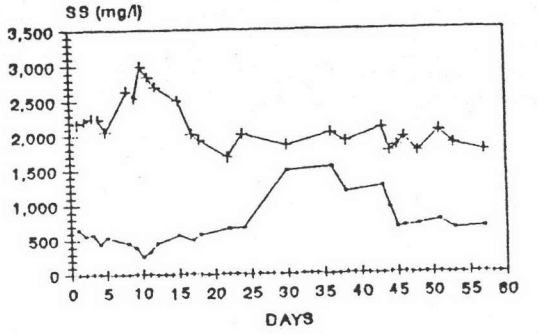
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 20 วัน

DAY	INOUT					OUTPUT					FLOW RATE	ORGANIC LOADING	BIOGAS PRODUCTION RATE	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	(l/d)	(kgCOD/m^3d)	(l/d)	
1	6.16	650	40144	497	3050	7.37	2169	21616	273	6050	1.8	2.0	6.9	60/40
2	6.49	580	40658	303	3250	7.47	2200	20948	303	6200	1.8	2.1	6.9	61/39
3	6.54	570	41638	534	3400	7.32	2250	21448	250	6300	1.8	2.1	7.0	61/39
4	6.51	440	42067	645	3400	7.36	2240	22585	273	6200	1.8	2.1	6.9	60/40
5	7.07	530	42597	420	3500	7.43	2054	23839	243	6250	1.6	2.0	6.6	60/40
8	6.83	450	41843	640	3450	7.41	2642	22501	250	6400	1.8	2.1	6.5	61/39
9	6.55	380	43322	660	3500	7.45	2540	23578	225	6750	1.8	2.2	8.0	63/37
10	6.36	250	44296	334	3550	7.44	2990	22344	213	7550	1.8	2.2	7.8	62/38
11	6.54	320	46114	445	3900	7.55	2845	23448	250	7600	1.8	2.3	7.7	65/35
12	6.59	450	45107	575	3900	7.50	2700	24563	270	7800	1.8	2.3	8.0	61/39
15	6.42	560	45097	540	4050	7.50	2500	24627	282	7650	1.8	2.3	8.4	63/37
17	6.24	400	55600	680	4250	7.51	2015	26000	240	7950	1.8	2.8	7.7	65/35
18	6.62	575	53674	534	4600	7.50	1930	26592	300	8000	1.8	2.7	8.7	67/33
22	6.58	660	54305	1320	4650	7.50	1680	26779	300	8075	1.8	2.7	8.6	67/33
24	6.55	670	53105	1337	4750	7.52	2010	27633	304	8450	1.8	2.7	8.7	66/34
30	6.57	1482	48954	1860	4900	7.51	1845	26818	320	9000	1.8	2.5	8.9	68/32
36	6.49	1530	50493	1800	5250	7.67	2025	26471	450	9200	1.8	2.6	9.4	65/35
38	6.52	1174	49662	1500	4700	7.41	1900	26686	330	9200	1.8	2.5	9.0	64/36
43	6.53	1250	49288	1720	4500	7.58	2080	26632	390	9000	1.8	2.5	9.2	63/37
44	6.58	940	48914	1200	4600	7.55	1752	26786	384	9200	1.8	2.5	9.1	66/34
45	6.49	650	48866	1165	4750	7.59	1833	26860	300	8900	1.8	2.5	8.8	66/34
46	6.44	670	49362	475	3500	7.70	1954	26558	300	8900	1.8	2.5	8.9	66/34
48	6.55	695	49874	510	4500	7.62	1742	26468	270	9000	1.7	2.4	8.8	67/33
51	6.58	750	49799	296	4700	7.55	2040	26530	300	9000	1.8	2.5	8.9	66/34
53	6.54	632	49964	500	4800	7.57	1850	26164	300	8900	1.8	2.5	8.8	68/32
57	6.48	650	51050	509	4700	7.59	1750	26136	270	9000	1.7	2.6	9.0	67/33
AVG	6.52	950	49660	1050	4630	7.58	1890	26820	330	9030	1.7	2.5	9.0	66/34
STD	0.04	330	650	580	410	0.07	120	60	50	110	0	0	0.2	–

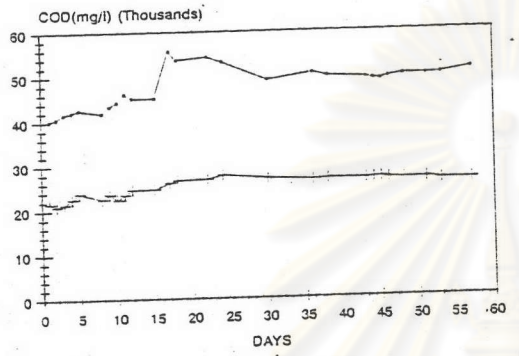
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 30-57



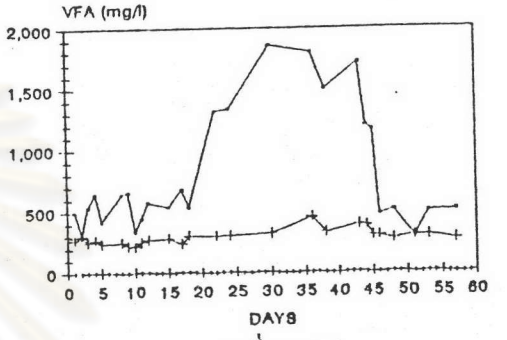
รูปที่ ข.26



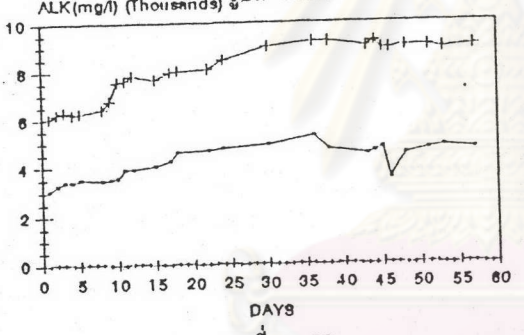
รูปที่ ข.27



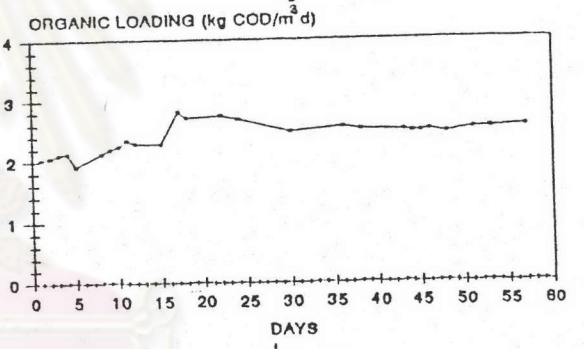
รูปที่ ข.28



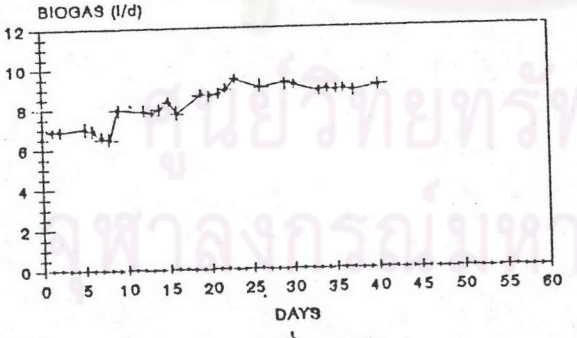
รูปที่ ข.29



รูปที่ ข.30



รูปที่ ข.31



รูปที่ ข.32

— INF
+ EFF

รูปที่ ข.26–ข.32 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.5 กก.ซีโอดี/ม.^{3}.วัน

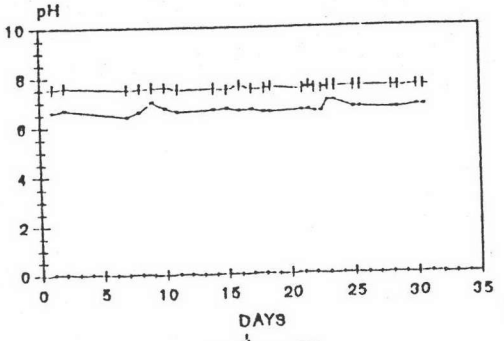
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 3.3 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

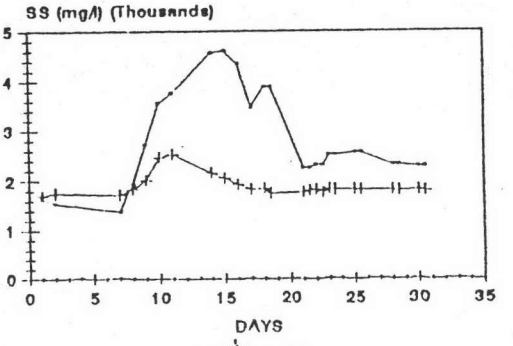
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 20 วัน

DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING kgCOD/m^{3}d	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	6.59	1630	52586	510	4700	7.54	1710	30142	300	9200	1.8	2.7	9.2	62/38
2	6.70	1540	53872	450	4700	7.60	1752	30160	300	9000	1.8	2.7	9.5	60/40
7	6.41	1377	57832	1440	4400	7.51	1716	32616	300	9275	1.8	2.9	9.9	60/40
8	6.60	1936	61068	780	4132	7.54	1825	32714	270	9000	1.8	3.0	10.2	66/34
9	7.00	2715	65636	660	4575	7.58	2013	34344	270	10000	1.8	3.3	10.4	61/39
10	6.75	3563	61854	600	4471	7.59	2467	33350	276	9135	1.8	3.3	10.3	63/37
11	6.61	3760	66755	600	4650	7.51	2530	33475	270	9900	1.8	3.3	10.1	62/38
14	6.66	4562	66816	540	4736	7.55	2160	34612	240	9900	1.8	3.3	10.5	67/33
15	6.73	4612	66283	540	4843	7.50	2049	35011	270	9850	1.8	3.3	11.1	65/35
16	6.64	4350	65090	1230	5100	7.63	1920	34562	240	9525	1.8	3.3	10.4	64/36
17	6.68	3476	65888	1330	5432	7.52	1822	35354	300	10000	1.8	3.3	10.6	65/35
18	6.59	3893	66244	530	5755	7.53	1835	35621	240	10050	1.8	3.3	12.2	66/34
18.5	6.59	3893	66244	530	5755	7.60	1744	35240	330	9950	1.8	3.3	12.2	64/36
21	6.64	2245	65919	330	5761	7.51	1769	35239	300	10100	1.8	3.3	12.7	65/35
21.5	6.64	2245	65919	330	5761	7.64	1801	35425	270	10100	1.8	3.3	12.7	65/35
22	6.59	2314	65349	330	5948	7.53	1812	35317	300	10000	1.8	3.3	12.9	64/36
22.5	6.59	2314	65349	330	5948	7.50	1760	35440	270	10050	1.8	3.3	12.9	65/35
23	7.03	2519	62152	1318	6450	7.60	1836	35848	330	10700	1.8	3.1	12.7	64/36
23.5	7.03	2519	62152	1318	6450	7.60	1823	35000	300	10050	1.8	3.1	12.7	65/35
25	6.74	2566	66078	360	5750	7.60	1821	35206	330	10100	1.8	3.3	12.7	65/35
25.5	6.74	2566	66078	360	5750	7.6	1817	35311	303	10100	1.8	3.3	12.7	64/36
28	6.68	2320	65542	580	5863	7.59	1815	35252	300	10000	1.8	3.3	13.3	64/36
28.5	6.68	2320	65542	580	5863	7.57	1807	35301	300	10000	1.8	3.3	13.3	65/35
30	6.78	2283	64957	390	5670	7.61	1816	35275	300	10100	1.8	3.3	13.2	65/35
30.5	6.78	2283	64957	390	5670	7.59	1800	35142	303	10100	1.8	3.3	13.2	64/36
AVG	6.74	2370	65000	550	5910	7.58	1810	35310	300	10120	1.8	3.3	13.0	65/35
STD	0.14	120	1325	350	260	0.04	20	200	17	180	0	0.1	0.2	–

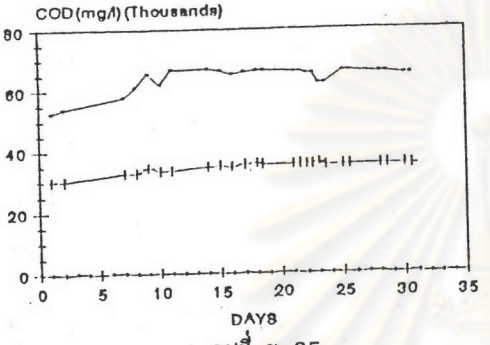
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 21-30



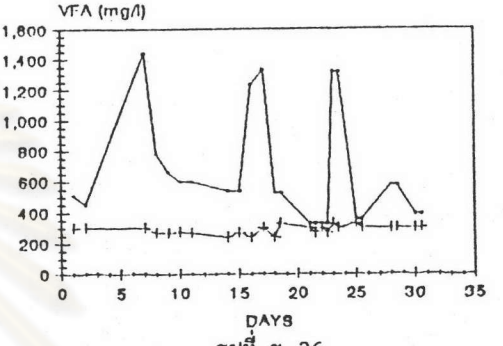
รูปที่ ข.33



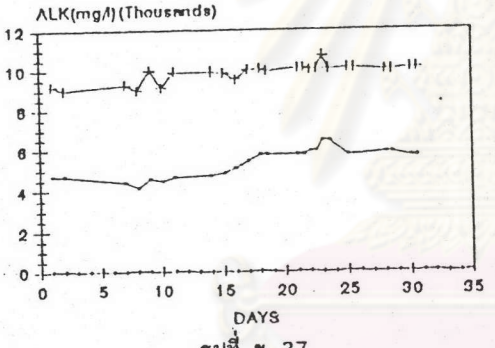
รูปที่ ข.34



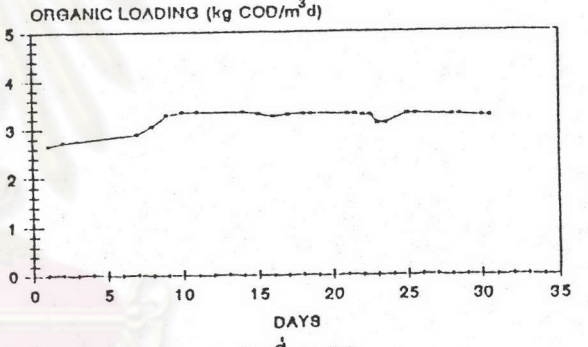
รูปที่ ข.35



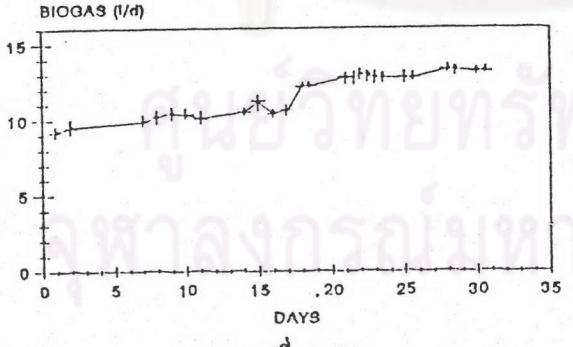
รูปที่ ข.36



รูปที่ ข.37



รูปที่ ข.38



รูปที่ ข.39

INF
EFF

รูปที่ ข.33-ข.39 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 3.3 กก.ซีโอดี/ม.^{3}.วัน

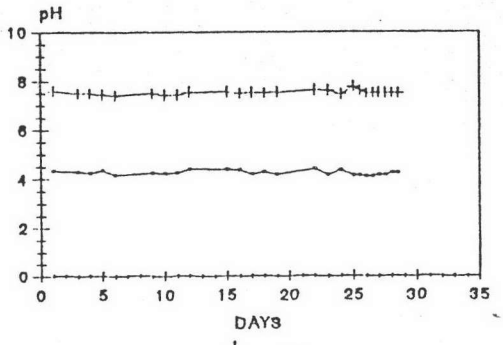
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 5.2 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

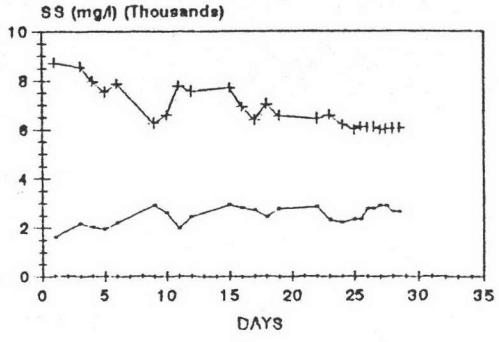
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 17 วัน

DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kg COD/m^3 d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	4.34	1618	90709	500	850	7.60	8720	42870	250	11000	2.0	5.2	10.7	65/35
3	4.29	2160	90997	610	720	7.50	8554	41403	300	11500	2.0	5.2	13.6	65/35
4	4.24	2016	90574	540	750	7.50	7965	42755	300	12200	2.0	5.2	14.3	64/36
5	4.35	1953	90699	570	900	7.45	7531	42266	329	10130	2.0	5.2	15.1	62/38
8	4.16	2200	90650	588	875	7.41	7863	42558	480	10500	2.0	5.2	16.1	61/39
9	4.25	2900	89635	660	950	7.50	8240	42016	560	11700	2.0	5.2	16.9	63/37
10	4.23	2610	90651	630	900	7.43	8582	43860	558	10550	2.0	5.2	17.7	65/35
11	4.25	1987	90711	564	980	7.44	7788	43720	576	10750	2.0	5.2	18.9	65/35
12	4.40	2450	89662	642	945	7.54	7563	44896	600	10600	2.0	5.2	19.9	61/39
15	4.39	2940	89840	672	1000	7.56	7700	43833	600	11200	2.0	5.2	21.2	65/35
16	4.37	2816	90602	660	915	7.50	6925	44001	570	11050	2.0	5.2	20.7	65/35
17	4.19	2733	90744	570	970	7.53	6389	43084	546	11100	2.0	5.2	20.9	66/34
18	4.28	2450	90558	654	925	7.52	7036	44901	492	11250	2.0	5.2	21.2	66/34
19	4.17	2781	90653	576	1050	7.55	6548	44875	486	11150	2.0	5.2	21.7	62/38
22	4.40	2859	90400	636	900	7.64	6442	44845	492	11400	2.0	5.2	22.3	66/34
23	4.16	2314	90122	636	815	7.62	6566	44726	474	12100	2.0	5.2	23.3	65/35
24	4.35	2225	90720	654	950	7.45	6203	45142	480	11946	2.0	5.2	23.8	66/34
25	4.13	2350	90406	660	650	7.76	6000	45062	398	12150	2.0	5.2	24.8	66/32
	4.13	2350	90406	660	650	7.61	6129	45042	402	12000	2.0	5.2	25.3	66/32
26	4.10	2785	90645	660	750	7.50	6068	45060	402	12050	2.0	5.2	25.0	67/33
	4.10	2785	90645	660	750	7.52	6085	45013	398	12100	2.0	5.2	25.3	66/32
27	4.16	2900	90700	654	725	7.53	5983	45032	402	12150	2.0	5.2	24.7	66/32
	4.16	*2900	90700	654	725	7.51	6005	45055	402	12100	2.0	5.2	24.8	66/32
28	4.25	2663	90595	670	825	7.50	6046	45090	398	12150	2.0	5.2	25.3	66/32
	4.25	2663	90595	670	825	7.50	6073	45047	402	12150	2.0	5.2	25.3	66/32
AVG	4.16	2670	90590	660	740	7.55	6050	45050	400	12110	2.0	5.2	25.0	66/32
STD	0.06	205	110	6	60	0.09	50	20	2	50	0	0	0.2	–

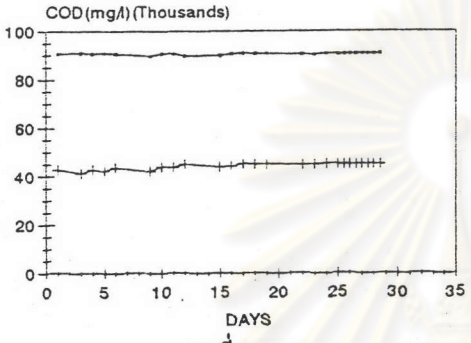
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 25-28



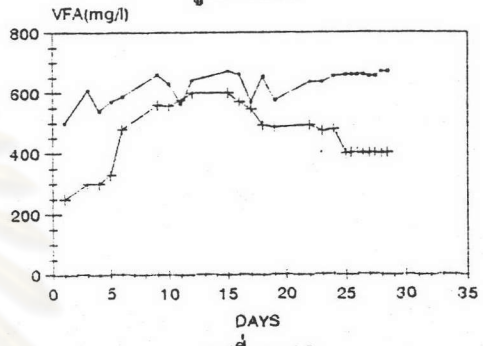
รูปที่ ข.40



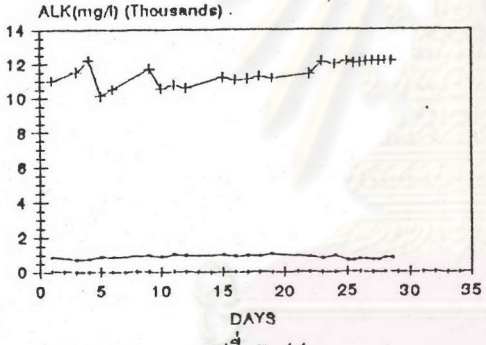
รูปที่ ข.41



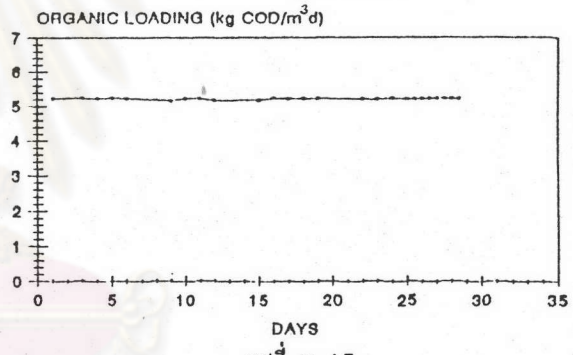
รูปที่ ข.42



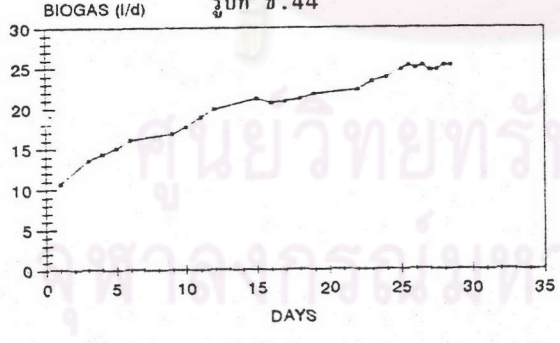
รูปที่ ข.43



รูปที่ ข.44



รูปที่ ข.45



รูปที่ ข.46

INF
EFF

รูปที่ ข.40-ข.46 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 5.2 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

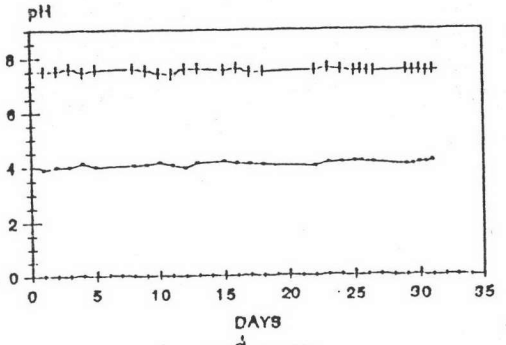
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.8 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 7.1 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

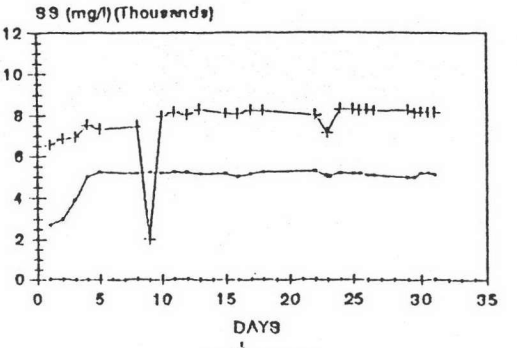
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 16 วัน

DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^3 d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	3.90	2680	91993	650	–	7.51	6549	47268	498	11950	2.2	5.8	13.8	62/38
2	4.00	2960	95624	645	–	7.53	6841	49613	540	11500	2.2	6.1	18.4	64/36
3	4.00	3897	99627	668	–	7.60	6935	48266	720	12550	2.2	6.3	26.1	65/35
4	4.12	5020	101250	689	50	7.47	7511	50125	874	12450	2.2	6.4	32.7	65/35
5	4.00	5234	112800	690	–	7.55	7324	49128	780	12500	2.2	7.2	35.6	64/36
6	4.06	5179	112406	684	–	7.60	7459	51299	840	12550	2.2	7.1	33.2	60/40
9	4.06	5248	112997	672	–	7.53	2011	53251	810	12600	2.2	7.2	34.1	62/38
10	4.15	5199	112876	708	50	7.42	7960	55690	870	12650	2.2	7.2	33.4	63/37
11	4.06	5250	111210	696	–	7.40	8146	56180	900	12500	2.2	7.1	36.4	63/37
12	3.95	5222	113303	600	–	7.59	8020	56260	674	12600	2.2	7.2	34.3	63/37
13	4.13	5146	113240	690	50	7.58	8270	59690	780	12650	2.2	7.2	32.4	61/39
15	4.17	5182	113032	708	75	7.53	8110	59776	720	12700	2.2	7.2	32.9	62/38
16	4.11	5034	112954	684	50	7.60	8056	59640	540	13000	2.2	7.2	34.1	64/36
17	4.10	5147	108971	678	50	7.45	8234	60001	450	12900	2.2	6.9	33.9	62/38
18	4.06	5255	113747	678	–	7.47	8211	62124	432	13050	2.2	7.2	34.5	61/39
22	4.02	5260	105056	660	–	7.54	8009	63504	387	13150	2.2	6.7	34.8	61/39
23	4.12	5045	113321	690	50	7.60	7147	63401	350	13500	2.2	7.2	34.7	60/40
24	4.15	5201	109929	687	75	7.55	8290	62980	450	13250	2.2	7.0	34.9	60/40
25	4.17	5173	113471	688	75	7.49	8300	63148	420	13200	2.2	7.2	34.0	62/38
	4.17	5173	113471	688	–	7.52	8212	63016	426	13300	2.2	7.2	35.5	62/38
26	4.12	5098	110015	672	50	7.48	8273	62000	390	13250	2.2	7.0	35.4	65/35
	4.12	5098	110015	672	–	7.47	8221	62320	408	13200	2.2	7.2	35.0	65/35
29	4.05	5002	112907	660	50	7.52	8250	62316	402	13350	2.2	7.2	35.2	64/36
	4.05	5002	112907	660	50	7.48	8097	62148	396	13300	2.2	7.1	35.2	64/36
30	4.11	5210	110461	684	–	7.51	8180	62540	406	13050	2.2	7.0	35.5	63/37
	4.11	5210	110461	684	–	7.45	8120	62321	390	13200	2.2	7.2	35.0	63/37
31	4.17	5146	113289	600	–	7.50	8139	62472	402	13300	2.2	7.2	35.1	62/38
AVG	4.12	5130	111690	670	–	7.50	8206	62530	410	13240	2.2	7.1	35.1	63/37
STD	0.04	75	1540	25	30	0.03	70	370	20	80	0	0.1	0.4	–

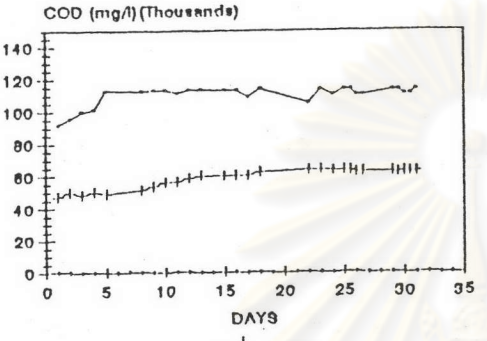
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 24-31



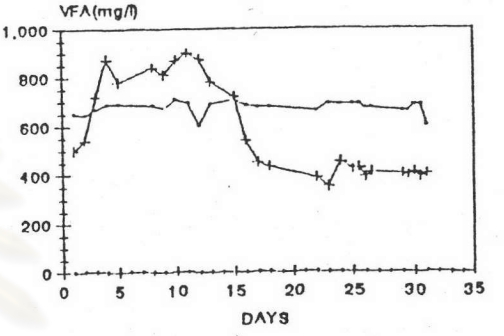
รูปที่ ข.47



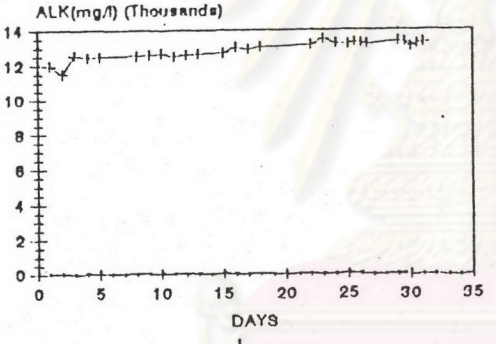
รูปที่ ข.48



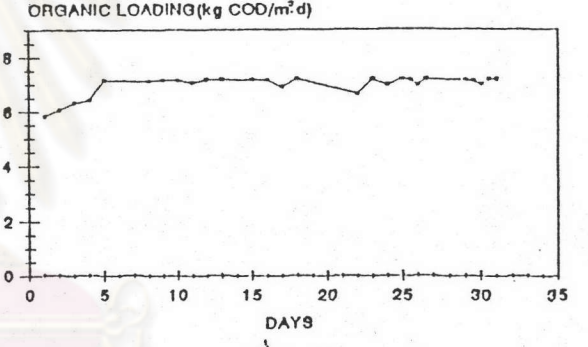
รูปที่ ข.49



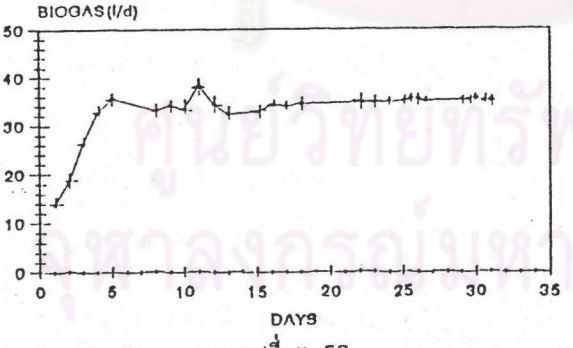
รูปที่ ข.50



รูปที่ ข.51



รูปที่ ข.52



รูปที่ ข.53

—INF
+EFF

รูปที่ ข.47-ข.53 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 7.1 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

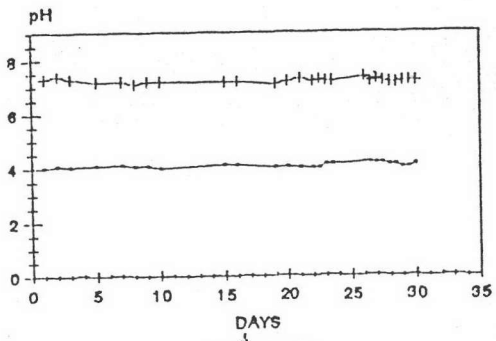
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 10.1 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

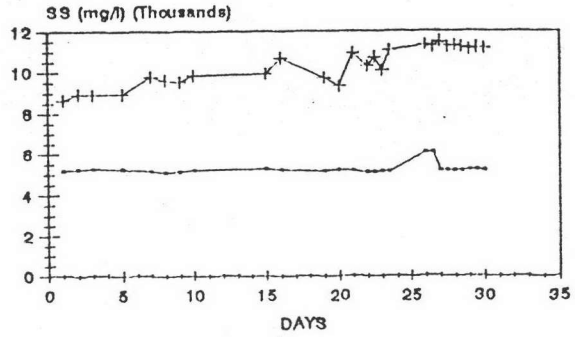
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 11 วัน

DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^{3}d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	4.01	5197	113716	650	–	7.30	8641	62016	390	13300	2.5	8.2	33.8	65/35
2	4.08	5250	114002	690	–	7.40	8930	62251	396	13000	2.6	8.5	34.4	61/39
3	4.05	5276	113822	672	–	7.30	8916	63933	396	13050	2.7	8.9	35.4	60/40
5	4.10	5248	112959	650	–	7.20	8942	63257	402	13150	2.9	9.4	35.5	60/40
7	4.11	5169	112991	672	–	7.20	9781	65200	408	13500	3.0	9.8	35.0	59/41
8	4.07	5098	113758	660	–	7.10	9600	64150	420	13250	3.0	9.8	33.2	60/40
9	4.08	5150	114100	684	–	7.20	9535	65001	504	12700	3.0	9.9	34.1	63/37
10	3.99	5217	110998	500	–	7.20	9850	63436	510	13250	3.1	9.9	33.4	61/39
15	4.12	5285	112846	668	–	7.20	9926	63468	546	13200	3.1	10.1	36.4	62/38
16	4.11	5214	114094	684	–	7.20	10680	63586	600	13350	3.1	10.2	34.3	62/38
19	4.03	5165	114076	708	–	7.10	9720	63422	486	13300	3.1	10.2	32.4	60/40
20	4.04	5232	113991	672	–	7.20	9340	63151	507	13050	3.1	10.2	32.9	64/36
21	4.02	5204	112786	684	–	7.30	10930	63037	504	13200	3.1	10.1	34.1	62/38
22	4.00	5119	114000	690	–	7.20	10302	63176	492	13300	3.1	10.2	33.9	60/40
	4.00	5119	114000	690	–	7.25	10720	63250	495	13300	3.1	10.2	34.5	60/40
23	4.13	5154	114037	670	–	7.20	10100	62896	492	13250	3.1	10.2	34.8	59/41
	4.13	5154	114037	670	–	7.20	11062	65107	492	13000	3.1	10.2	34.7	59/41
26	4.20	6078	113910	612	–	7.34	11330	63415	504	13200	3.1	10.2	34.9	62/38
	4.20	6078	113910	612	–	7.16	11230	63370	492	12900	3.1	10.2	34.0	62/38
27	4.17	5210	112718	640	–	7.27	11480	63284	504	13250	3.1	10.1	35.5	61/39
	4.17	5210	112718	640	–	7.20	11235	63376	486	13250	3.1	10.1	35.4	61/39
28	4.11	5194	112460	650	–	7.15	11301	63421	498	13200	3.1	10.1	35.0	61/39
	4.11	5194	112460	650	–	7.14	11227	63410	486	13250	3.1	10.1	35.2	61/39
29	4.02	5244	113210	612	–	7.20	11116	63405	486	13200	3.1	10.1	35.2	61/39
	4.02	5244	113210	612	–	7.20	11200	63417	492	13200	3.1	10.1	35.5	61/39
30	4.11	5215	112500	606	–	7.20	11172	63415	486	13250	3.1	10.1	35.0	61/39
AVG	4.10	5320	113280	650	–	7.22	11030	63430	490	13200	3.1	10.1	34.8	61/39
STD	0.07	310	640	30	–	0.05	380	490	6	110	0	0.1	0.5	–

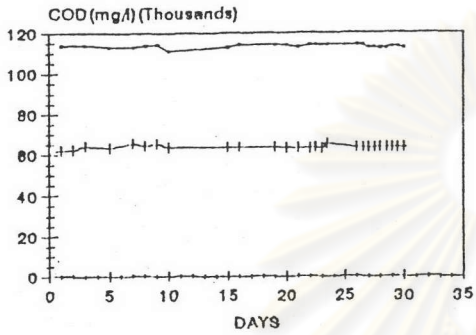
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 21-30



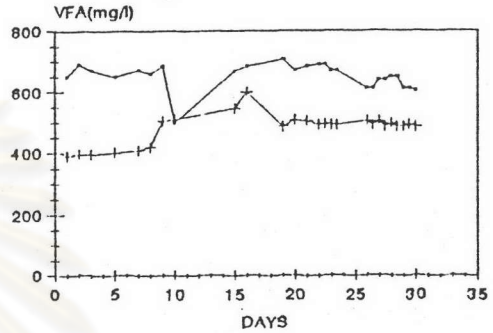
รูปที่ ข.54



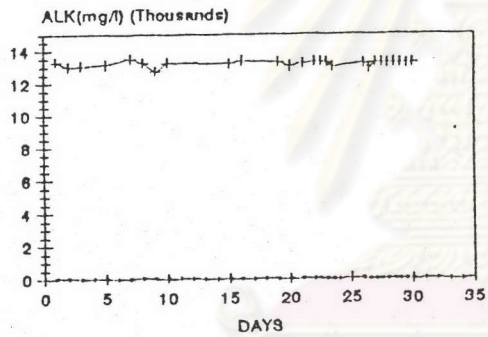
รูปที่ ข.55



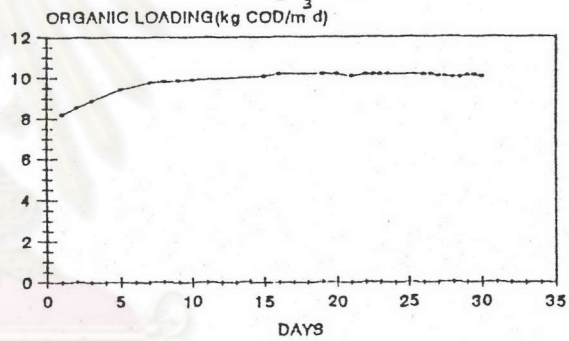
รูปที่ ข.56



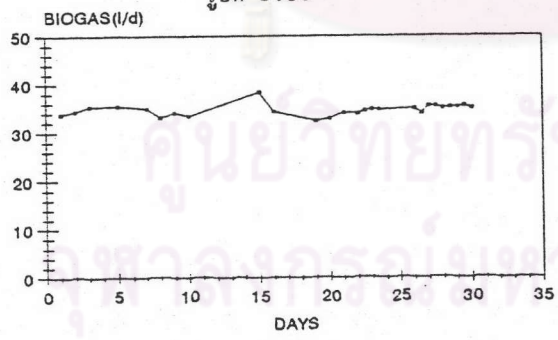
รูปที่ ข.57



รูปที่ ข.58



รูปที่ ข.59



รูปที่ ข.60

—INF
+EFF

รูปที่ ข.54-ข.60 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 10.1 กก.ซีโอดี/ม.^{3}.วัน

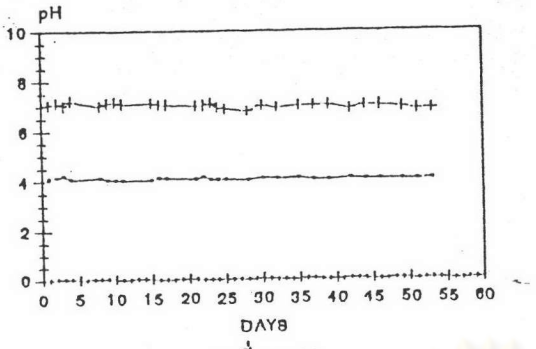
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.10 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 12.8 กก.ซีโอดี/ม.^{3}วัน

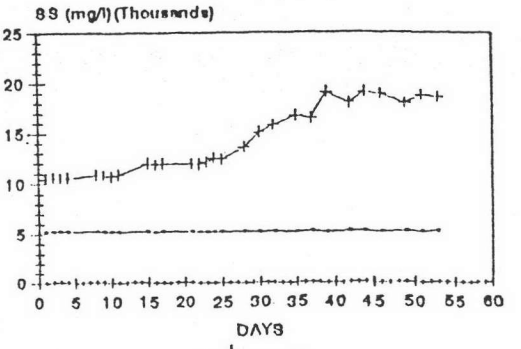
ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 9 วัน

DAY	INPUT					OUTPUT					FLOW RATE (l/d)	ORGANIC LOADING (kgCOD/m^{3}d)	BIOGAS PRODUCTION RATE (l/d)	% CH_4 & OTHERS: % CO_2
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	VFA (mg/l)	ALK (mg/l)				
1	4.11	5230	110260	650	–	7.05	10470	65356	660	13050	4.0	12.7	39.8	60/40
2	4.13	5190	110173	660	–	7.11	10511	65500	720	13200	4.0	12.7	32.4	57/43
3	4.20	5250	110660	645	–	7.00	10538	66714	690	12500	4.0	12.8	35.2	55/45
4	4.08	5230	111034	650	–	7.20	10531	67222	696	12150	4.0	12.8	34.5	50/50
8	4.12	5260	110950	708	–	7.01	10827	69141	720	11946	4.0	12.8	32.9	52/48
9	4.05	5196	110893	660	–	7.11	10766	68634	750	12000	4.0	12.8	32.3	50/50
10	4.05	5176	111325	688	–	7.15	10619	69276	780	11700	4.0	12.8	30.3	50/50
11	4.03	5189	110657	708	–	7.08	10820	71453	750	11700	4.0	12.8	29.7	51/49
15	4.03	5212	110561	690	–	7.12	11911	72218	780	11200	4.0	12.7	31.1	48/52
16	4.11	5170	110580	696	–	7.05	11800	75190	810	11400	4.0	12.8	28.2	45/55
17	4.10	5222	111373	687	–	7.04	11906	73935	816	11050	4.0	12.8	25.6	50/50
21	4.06	5183	110611	688	–	7.00	11934	76057	840	10000	4.0	12.8	26.5	49/51
22	4.15	5214	110834	684	–	7.02	11858	77663	900	10100	4.0	12.8	24.4	47/53
23	4.04	5176	111319	672	–	7.10	12103	78061	1200	10100	4.0	12.8	22.7	50/50
24	4.05	5201	110504	708	–	6.94	12516	79124	1560	10100	4.0	12.7	21.2	51/49
25	4.05	5205	110692	708	–	6.87	12371	78225	1380	10130	4.0	12.8	22.0	49/51
28	4.02	5241	110795	672	–	6.78	13587	78128	2100	10130	4.0	12.8	21.4	48/52
30	4.09	5179	110661	684	–	7.01	15070	75245	2340	10093	4.0	12.8	21.2	45/55
32	4.08	5244	111342	690	–	6.94	15815	79014	3180	10100	4.0	12.8	15.4	45/55
35	4.10	5217	110554	668	–	7.01	16730	85370	3540	9950	4.0	12.7	10.1	45/55
37	4.02	5224	111458	684	–	7.01	16529	89697	3710	10050	4.0	12.9	9.2	43/57
39	4.03	5156	111347	684	–	7.02	19057	90196	3770	10100	4.0	12.8	9.8	44/56
42	4.08	5221	110412	690	–	6.87	17994	88102	3828	9950	4.0	12.7	8.9	45/55
44	4.05	5230	111307	670	–	7.01	19036	87854	3834	9850	4.0	12.8	8.1	44/56
46	4.04	5214	111133	672	–	7.00	18886	94443	3864	9950	4.0	12.8	7.4	43/57
49	4.02	5240	110546	684	–	6.93	17960	89718	3900	9200	4.0	12.7	4.4	42/58
51	4.03	5190	111390	660	–	6.84	18794	95150	3864	9135	4.0	12.8	6.9	45/55
53	4.05	5247	110325	668	–	6.85	18609	98590	3900	9200	4.0	12.7	7.6	44/56
AVG	4.05	5220	110940	680	–	6.95	18180	90790	3780	9710	4.0	12.8	8.0	43/57
STD	0.03	30	440	10	–	0.07	910	3590	120	380	0	0.1	1.6	–

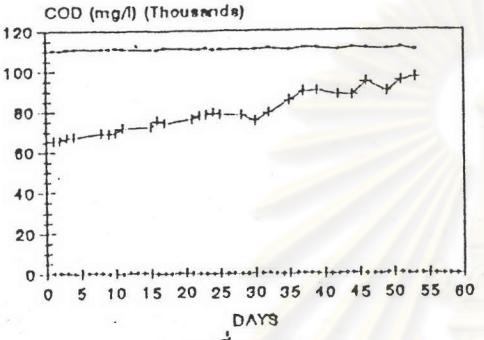
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณตั้งแต่วันที่ 35-53



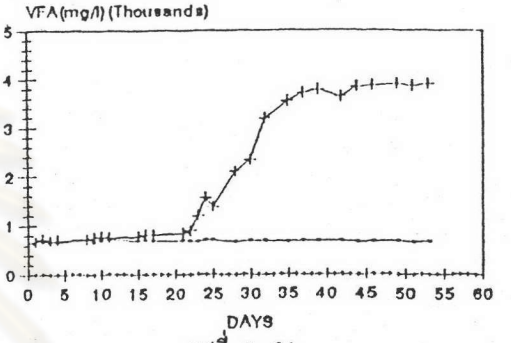
รูปที่ ข.61



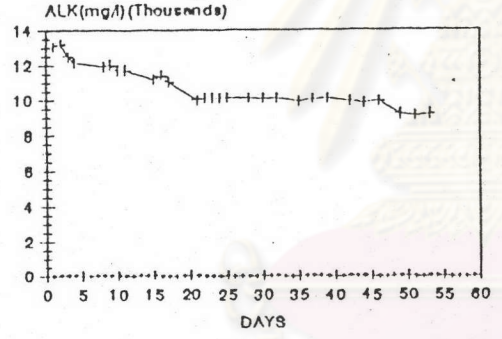
รูปที่ ข.62



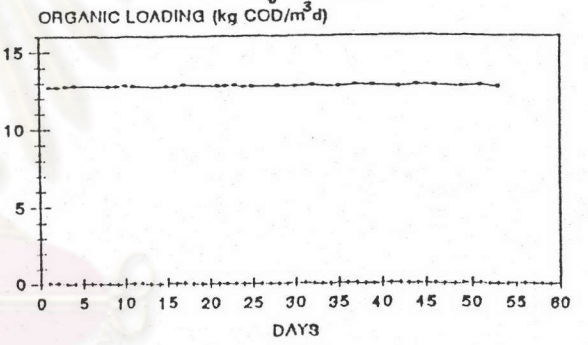
รูปที่ ข.63



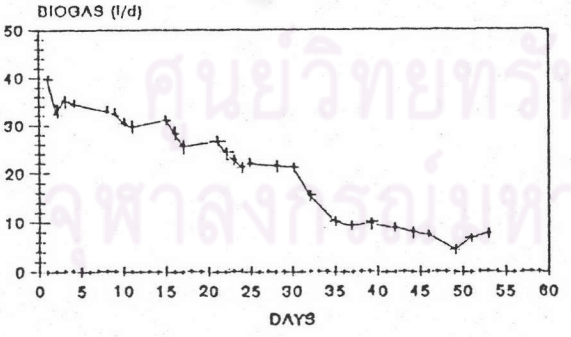
รูปที่ ข.64



รูปที่ ข.65



รูปที่ ข.66



รูปที่ ข.67

รูปที่ ข.61-ข.67 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบตลอดการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 12.8 กก.ซีโอดี/ม.^{3}·วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

ค.1 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบ

ค.1.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (COD removal)

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (\%)} = \frac{(\text{ซีโอดีเข้า} - \text{ซีโอดีออก}) \times 100}{\text{ซีโอดีเข้า}}$$

ค.1.2 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas yield)

ค.1.2.1 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน — ม.^{3}/วัน

ปริมาตรถังยูเอเอสบี — ม.^{3}

ค.1.2.2 $\frac{\text{ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{อัตราการไหลของสารอินทรีย์x(ซีโอดีเข้า-ซีโอดีออก)}}$ — $\frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด}}$

ค.1.2.3 $\frac{\text{ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{อัตราการไหลของสารอินทรีย์ x ซีโอดีเข้า}}$ — $\frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีเข้า}}$

ค.1.3 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเธน (methane yield)

ค.1.2.1 ก๊าซมีเธนที่เกิดขึ้นต่อวัน — ม.^{3}/วัน

ปริมาตรถังยูเอเอสบี — ม.^{3}

ค.1.2.2 $\frac{\text{ก๊าซมีเธนที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{อัตราการไหลของสารอินทรีย์x(ซีโอดีเข้า-ซีโอดีออก)}}$ — $\frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด}}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.1.2.3 ก๊าซมีเธนที่เกิดขึ้นต่อวัน = $\frac{\text{ม.}^3}{\text{อัตราการไหลของสารอินทรีย์ x ซีโอดีเข้า}}$ กก.ซีโอดีเข้า

ค.2 อัตราป้อนสารอินทรีย์ (organic loading)

อัตราป้อนสารอินทรีย์ = $\frac{\text{(อัตราการไหลของน้ำกากส่า) x (ซีโอดีของน้ำกากส่า)}}{\text{ปริมาตรถังยูเอเอสบี}}$

= $\frac{\text{(ลิตร/วัน) x (มก./ล.)}}{\text{ลิตร x 1000}}$

= กก.ซีโอดี/ม.^{3}.วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางอะเคื้อ บุญญสิริ เกิดวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ.2506 ที่อ.เชียงคำ จ.เชียงราย สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีพ.ศ.2529 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อพ.ศ. 2532 ปัจจุบันรับราชการที่งานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา สำนักพระราชวัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย