

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร:
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2535. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นาฏนดา ธรินทร์วรคุปต์. 2537. ระบบตัวกลางกรอง - ยูเอเอสบี แบบอนุหภูมิสูง ชนิดสอง
ขั้นตอนสำหรับบำบัดน้ำกากส่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สุเมธ ชวเดช. 2529. เอกสารรายงานทางวิชาการเรื่อง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน
อิสระ. หน้า 1-31. (อัดสำเนา)
- สุเมธ ชวเดช. 2530. เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่อง ระบบหมักก๊าซชีวภาพแบบ Upflow
Anaerobic Sludge Blanket. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.
(อัดสำเนา)
- สุเมธ ชวเดช. 2535. การบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร
สูตรเคมีเทคนิคระยะสั้นสำหรับอุตสาหกรรม. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย ดารารัตน์. 2536. เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน, หน้า 65-74.

ภาษาอังกฤษ

- APHA, AWWA, and WPCF. Standard Method for the Examination of Water and
Wastewater. 13th ed. New York: American Public Health Association, 1989.
- Basu, A.K., and Leclerc, J. 1975. Water Research. 9: 103.

- Braun, R., and Huss, S. 1982. Anaerobic digestion of distillery effluents. Process Biochemistry. (July/August); 25-27
- Breure, A.M. 1991. Phase Separation in anaerobic digestion. Anaerobic Reactor Technology. International course on anaerobic waste water treatment, Jun. 26 - Aug. 7. Wageningen Agricultural University. pp.148-163.
- Callender, I.J. 1983. Recent advance in anaerobic digestion technology. Process Biochemistry. 18(14): 24.
- Daniels, L., Fuchs, G., Thauer, R.K., and Zeikus J.G. 1977. Carbon monoxide oxidation by methanogenic bacteria. Journal of Bacteriology. 132(1): 118-126.
- Dehority, B.A., and Scott, H.W. 1967. Journal of Dairy Science. 50: 11-36.
- de Zeeuw, W. 1987. Granulation sludge in UASB reactors. Proc. GASMAT - Workshop, 25-27 Oct. Lunteren, The Natherland. pp. 132.
- Ditchfield, P. 1986. Industrial waste water treatment : the anaerobic alternative. TIBTECH. December. 309-313.
- Dubourguier, H.C., Prensier, G., and Albagnac, G. 1987. Structure and microbial activities of granular anaerobic sludge. Proc. GASMAT - Workshop, 25-27 Oct. Lunteren, The Netherland. pp. 18.
- Fongastitkul, P., Mavinic, D.S., and Lo, K.V. 1994. A two-phased anaerobic digestion process: Concept, process failure and maximum system loading rate. Waste Environment Research. 66(3): 243-254.
- Fongastitkul, P., Mavinic, D.S., and Lo, K.V. 1995. A two-phase anaerobic digestion process (UASB): induced failure and system recovery using a step loading reduction approach and modified recycle ratio (RR). Environmental Technology. 16: 137-146.
- Germirli, F., Orhon , D., Artan, N., Ubay, E., and Gorgun, E. 1993. Effect of two-stage treatment on the biological treatability of strong industrial waste. Water Science and Technology. 28(2): 145-154.
- Ghosh, S., Conrad, J.R., and Klass, D.L. 1975. Anaerobic acidogenesis of wastewater sludge. Journal of the Water Pollution Control Federation. 47: 30-45.

- Ghosh, S., and Klass, D.L. 1977. Two-phase anaerobic digestion. US Patent. 4,022,665.
- Gonenc, I.E., and Kerestecioglu, M. 1990. Starting-up of a full-scale two-phase contact process treating citric acid wastewater. Water Science and Technology. 22(9): 175-182.
- Harper, S.R., and Pohland, F.G. 1986. Recent developments in hydrogen management during anaerobic biological waste water treatment. Biotechnology and Bioengineering. 28: 585-602.
- Harper, S.R., and Pohland, F.G. 1988. Substrate utilization patterns in packed-bed reactors treatment soft-drink wastewater. Anaerobic Digestion 1988. (Adv. Wat. Poll. Control 5). pp. 79-90.
- Hazlewood, G.P., and Edwards, R. 1981. Proteolytic activities of a rumen bacterium, *Bacteroides ruminicola* R 8/4. Journal of General Microbiology. 125: 11.
- Henze, M., and Harremoes, P. 1983. Anaerobic treatment of wastewater in fixed-film reactors - a literature review. Water Science and Technology. 15(8/9): 1-102.
- Hubbe, M.A. 1981. Progress in Surface Science. 11: 137.
- Hulshoff Pol, L.W., de Zeeuw, W.J., Velzeboer, C.T.M., and Lettinga G. 1982. Granulation in UASB reactors. Proc. of IAWPR Seminar on Anaerobic Treatment of Waste Water in Fixed Film Reactors. 16-18 June. Copenhagen, Denmark.
- Hungate, R.E. 1957. Canadian Journal of Microbiology. 3: 289.
- Janosz, R.M. 1993. Fermentation of food industry wastewater. Water Science and Technology. 27(7): 1257-1262.
- Klass, D.L. 1984. Methane from anaerobic fermentation. Science. 223: 1021-1028.
- Kosaric, N., Mahoney, E.M., Varangu, L.K., and Cairns, W.L. 1987. Wat. Pollut. Res. J. Can. 22: 289.
- Kosaric, N., and Blaszczyk, R. 1990. Microbial aggregates in anaerobic wastewater treatment. Advances in Biochemical Engineering and Biotechnology. 42: 27-62.
- Kroeker, E.J., Schutte, D.D., Sparling, A.B., and Lapp, H.M. 1979. Anaerobic treatment process stability. Journal of the Water Pollution Control Federation. 51(4): 718-727

- Lettinga, G., Hulshoff Pol, L.W., Grin, P., de Jong, P., Roersma, R., and Ijsper, P. 1983. The use of a floating settling granular sludge bed reactor in anaerobic treatment. Proc. of The Europ. Sym. Anaerobic Waste Water Treatment. 23-25 Nov. Noorwijkerhout, The Netherlands. pp. 411.
- Lettinga, G., and Hulshoff Pol, L.W. 1991. Application of modern high rate anaerobic treatment process for wastewater treatment. New Development in Industrial Wastewater Treatment. pp. 33-64. Netherlands: Kluwer Academic.
- Mckay, I.A., Maddox, I.S., and Brooks, J.D. 1994. High specific rate of glucose utilisation under condition of restricter growth are required for citric acid accumulation by *Yarrowia lipolytica* IMK 2. Applied Microbiology and Biotechnology. 41: 73-78.
- Mosey, F.E. 1983. Mathematical modelling fo the anaerobic digestion process: regulatory mechanism for the fermentation of short chain volatile acids from glucose. Water Science and Technology. 15(18/9): 209-232.
- Muller, V., Blaut, M., and Gottschalle, G. 1986. Utilization of methanol plus hydrogen by *Methanosarcina barkeri* for methanogenesis and growth. Applied and Environmental Microbiology. 52(2): 269-274
- Novaes, R.F.V. 1986. Microbiology of anaerobic digestion. Water Science and Technology. 18(12): 1-14.
- Orphan, L., Kosaric, N., and Blaszczyk, R. 1989. The form and composition of granules from UASB reactors. Proc. of the 7th Canadian Bioenergy R&D Seminar. 24-26 April. Ottawa, Canada.
- Pohland, F.G., and Ghosh, S. 1971. Development in anaerobic treatment process. In R.P Canale (ed.), Biological Waste Treatment, New York: Wiley Interscience Publisher. pp. 85-108.
- Robinson, R.W. 1986. Life cycles in the methanogenic archaeobacterium *Methanosarcina mazei*. Applied and Environmental Microbiology. 52(1): 17-27.
- Stafford, D.A., Hawkes, D.L., and Horton, R. 1980. Methane production from organic matter. U.S.A.: CRC Press. pp. 1-39.

- Svardal, K., Gotzendorfer, K., Nowak, O., and Kroiss, H. 1993. Treatment of citric acid wastewater for high quality effluent on the anaerobic - aerobic route. Water Science and Technology. 28(2): 171-186.
- van den Berg, L. 1984. Developments in methanogenesis from industrial waste water. Canadian Journal of Microbiology. 30(8): 975-990.
- Zinder, S.R., Cardwell, S.C., Anguish, T., Lee, M., and Koch, M. 1984. Methanogenesis in a thermophilic (58 °C) anaerobic digester: *Mathanothrix* sp. as an important acetoclastic methanogen. Applied and Environmental Microbiology. 47(4): 796-807.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ค่าตรวจชนิดต่าง ๆ ของน้ำเสียในงานวิจัย

ที่มา: กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535; APHA, 1989

1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

เครื่องมือและอุปกรณ์ : เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

สารเคมีที่ใช้ : สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 และ 7

วิธีวิเคราะห์ : วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง รุ่น HI 8424 ของบริษัท Hanna Instruments , ประเทศอิตาลี

หมายเหตุ: รายละเอียดการใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ศึกษาได้จากคู่มือการใช้งานเฉพาะเครื่องนั้นๆ

2. COD (Chemical Oxygen Demand)

เครื่องมือและอุปกรณ์ : เครื่องมือที่ใช้ในการรีฟลักซ์แบบปิดประกอบด้วย

1. ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (digestion vessel) เป็นหลอดทดลองที่เป็นโบริซิลิเกต ขนาด 25 x 150 มิลลิเมตร พร้อมทั้งฝาจุกที่บุด้วย TFE

2. ที่ใส่หลอดทดลอง (test tube rack) ขนาด 3" x 3" สำหรับใส่หลอดทดลองให้ตั้งอยู่พอดี

3. เครื่องให้ความร้อนหรือเตาอบ (block heater or oven) ซึ่งสามารถให้ความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 150 ± 2 องศาเซลเซียส

สารเคมีที่ใช้ :

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.0167 โมลาร์

ละลายสารมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard) โปแตสเซียมไดโครเมต 4.1913 กรัม ซึ่งอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ลงในน้ำกลั่น ประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 167 มิลลิลิตร เติมเมอร์

คิวริกซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

2. กรดซัลฟิวริกเอเจนต์

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 22 กรัม ลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ขวด ซึ่งมีน้ำหนัก 4.0 กิโลกรัม (ใช้เวลาในการละลาย 1 - 2 วัน)

3. สารละลายเฟอโรอิน อินดิเคเตอร์ (ferroin indicator)

ละลาย 1,10 ฟีนแอนโทรอลีนโมโนไฮเดรต [1,10-phenanthroline monohydrate ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)] 1.485 กรัม และไอร์ออน (II) ซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.695 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

ละลายแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] 39.2 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 20 มิลลิลิตร คนให้ละลายทิ้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้ต้องเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมตทุกครั้งก่อนนำมาใช้

การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 3.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 5.0 มิลลิลิตรแล้วเติมกรดซัลฟิวริกเอเจนต์ 7.0 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ 1 - 2 หยด ไทเทรตจนถึงจุดยุติจะเปลี่ยนจากสีฟ้าอมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (โมลาร์ตี)

$$= \frac{\text{ปริมาตรของ } 0.0167 \text{ โมลาร์ } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (มิลลิลิตร)} \times 0.10}{\text{ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)}}$$

ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

วิธีวิเคราะห์ :

1. นำตัวอย่างน้ำ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต จำนวน 3 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเอเจนต์ 7 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดให้แน่นแล้วคว่ำหลอดไปมาหลาย ๆ ครั้งเพื่อผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง

2. เตรียมแบลนด์ (blank) เช่นเดียวกับตัวอย่างแต่ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

3. นำหลอดทดลองเหล่านี้ไปใส่ในตู้อบ ซึ่งทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลารีฟลักซ์ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4. ไทเทรตหาปริมาณไดโครเมตที่เหลือด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งใช้ประมาณ 1 - 2 หยด เมื่อถึงจุดยุติจะเปลี่ยนจากสีฟ้าอมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดงอย่างรวดเร็ว

การคำนวณ

$$\text{COD (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(A - B) \times M \times 8,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

A : ปริมาตรสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์ (มิลลิลิตร)

B : ปริมาตรสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

M : ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต (โมลาริตี)

3. สภาพความเป็นด่างและปริมาณกรดไขมันระเหย (Alkalinity and Volatile Fatty Acid)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
2. เครื่องกวน (stirrer plate) พร้อมแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)

สารเคมีที่ใช้ :

1. สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์

วิธีวิเคราะห์ :

1. หาสภาพต่างทั้งหมด

ตวงตัวอย่างน้ำที่ใช้มา 50 - 200 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำแล้วไทเทรตกับตัวอย่างน้ำจนถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จดปริมาตรกรดซัลฟิวริกที่ใช้ สมมติเท่ากับ A มิลลิลิตร

2. ต้มไล่กรดคาร์บอนิก

ไทเทรตตัวอย่างน้ำต่อไปจนถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.3 - 3.5 ไม่ต้องจดปริมาตรกรดที่ใช้ หลังจากนั้นนำไปต้มจนเดือดประมาณ 2 - 3 นาที เพื่อไล่กรดคาร์บอนิกออกไป

3. ไทเทรตกลับ

ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 4.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จดปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกลับ ตั้งแต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 ถึง 7 ซึ่งเป็นสภาพต่างเนื่องจากกรดระเหยง่าย (volatile fatty acid alkalinity) สมมติเท่ากับ B มิลลิลิตร

การคำนวณ

$$\begin{aligned} & \text{สภาพต่างทั้งหมด; มิลลิกรัม/ลิตร คิดในรูป CaCO}_3 \\ & = \frac{A \times \text{ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก (โมลาริตี)} \times 50 \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{สภาพต่างวีเอฟเอ (VFA alkalinity); มิลลิกรัม/ลิตร คิดในรูป CaCO}_3 \\ & = \frac{B \times \text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาริตี)} \times 50 \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}} \end{aligned}$$

ก) กรณีที่ 1

ถ้าสภาพต่างวีเอฟเอน้อยกว่า 180 มิลลิกรัม/ลิตร

วีเอฟเอ คิดในรูปกรดอะซิติก; มิลลิกรัม/ลิตร = สภาพต่างวีเอฟเอ x 1.0

ข) กรณีที่ 2

ถ้าสภาพต่างวีเอฟเอมากกว่า 180 มิลลิกรัม/ลิตร

วีเอฟเอ คิดในรูปกรดอะซิติก; มิลลิกรัม/ลิตร = สภาพต่างวีเอฟเอ x 1.5

4. สารแขวนลอย (Suspended Solids ; SS)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. กระดาษกรองใยแก้ว GFC เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 มิลลิลิตร
2. กรวยบุคเนอร์ ความจุ 100 มิลลิลิตร
3. เครื่องดูดอากาศ
4. ตู้อบ
5. โถทำแห้ง
6. เครื่องชั่งอย่างละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์ :

1. อบกระดาศกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาศกรอง สมมติว่าเป็น A มิลลิกรัม
2. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ ซึ่งจะให้ค่าของแข็งซึ่งได้โดยประมาณอย่างน้อยที่สุด 2.5 มิลลิกรัม (เพิ่มจากน้ำหนักกระดาศกรอง)
3. วางกระดาศกรองลงในกรวยบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาศกรองให้เปียกและถูกดูดติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์
5. กรองตัวอย่างน้ำตามปริมาณที่ต้องการโดยอาศัยแรงดูดช่วย
6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรองจนกว่าจะแห้ง
7. หยิบกระดาศกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ ถ้วยอลูมิเนียมหรือกระจกนาฬิกา นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
8. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักของกระดาศกรองใหม่ สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\begin{aligned} & \text{สารแขวนลอย (เอสเอส); มิลลิกรัม/ลิตร} \\ & = \frac{\text{น้ำหนักเพิ่มขึ้น (B - A)} \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \end{aligned}$$

5. สารแขวนลอยระเหยง่าย และสารแขวนลอยคงตัว (Volatile Suspended Solids; VSS and Fixed Suspended Solids; FSS)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. เช่นเดียวกับข้อ 4.
2. เตาเผาใช้ที่อุณหภูมิ 550 ± 50 องศาเซลเซียส

วิธีวิเคราะห์ :

1. เตรียมจานระเหย โดยนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งหาน้ำหนัก
2. นำจานระเหยที่ชั่งแล้วไปใช้หาปริมาณสารแขวนลอย
3. นำจานระเหยที่หาปริมาณสารแขวนลอยไปเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 50 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 30 นาที)

4. ปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้ง ซึ่งหาน้ำหนักสารที่เหลืออยู่
การคำนวณ

$$\begin{aligned} & \text{เอฟเอสเอส หรือสารแขวนลอย; มิลลิกรัม/ลิตร} \\ & = \frac{\text{มิลลิกรัมปริมาณสารที่เหลือ} \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{วีเอสเอส หรือสารแขวนลอยระเหยง่าย; มิลลิกรัม/ลิตร} \\ & = \text{ปริมาณสารแขวนลอย} - \text{ปริมาณสารที่เหลือ} \\ & = \text{เอสเอส} - \text{เอฟเอสเอส} \end{aligned}$$

6. เอ็มแอลเอสเอส (Mixed Liquor Suspended Solids , MLSS)

วิธีวิเคราะห์ :

ใช้วิธีการเช่นเดียวกับการหาปริมาณสารแขวนลอย หรือเอสเอสโดยใช้น้ำตะกอนหรือ
มิกซ์ลิเควอร์จากถังหมักแทนน้ำตัวอย่าง

7. ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. ชุดย่อยสลาย เจลดาล์ล ซึ่งมีองค์ประกอบของระบบกำจัดคควัน
2. อุปกรณ์การกลั่นซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ชุดย่อยสลาย
3. ชุดสำหรับการไทเทรต

สารเคมี :

- น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.1 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 1 ลิตร และทำการกลั่นซ้ำใหม่

- 3 M H₂SO₄

ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นที่ปราศจาก
แอมโมเนีย 800 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและทำการเจือจางให้เป็น 1.0 ลิตร

- สารที่ใช้ในการย่อยสลาย

ละลายไดโพแทสเซียมซัลเฟต (K₂SO₄) 134 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจาก
แอมโมเนีย 650 มิลลิลิตร และค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 200 มิลลิลิตร

ข้อพึงระวัง: การเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในน้ำจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นมากระหว่างที่ทำการกวนให้เข้ากัน ให้เติมสารละลายที่เตรียมจากการละลายเมอร์คิวริกออกไซด์ (HgO) ซึ่งมีสีแดงจำนวน 2 กรัม ใน 3M H₂SO₄ 25 มิลลิลิตร แล้วทำการเจือจางส่วนผสมทั้งหมดให้เป็น 1.0 ลิตรด้วยน้ำที่ปราศจากแอมโมเนีย เก็บสารละลายนี้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 14 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการตกผลึก

- สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 80 มิลลิกรัม ในเมทานอล 100 มิลลิลิตร

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ - โซเดียมไทโอซัลเฟต

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไทโอซัลเฟต (Na₂S₂O₃ · 5H₂O) 25 กรัม ในน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นและเจือจางให้เป็น 1.0 ลิตร

- สารละลายมิกซ์อินดิเคเตอร์

ละลายเมธิลเรดอินดิเคเตอร์ (methyl red indicator) 200 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) 100 มิลลิลิตร (หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์) ละลายเมธิลีนบลู 100 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) 50 มิลลิลิตร (หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์) แล้วผสมสารละลายทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน

- สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด

ละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียเพียงเล็กน้อย เติมสารละลายมิกซ์อินดิเคเตอร์ (mixed indicator) ลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1.0 ลิตร

- สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.01 M

เตรียม 0.5 M H₂SO₄ โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 27.8 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร และเจือจางให้เป็น 1.0 ลิตร

เตรียม 0.01 M H₂SO₄ ต่อ โดยทำการเจือจาง 0.5 M H₂SO₄ ที่ได้ 20 มิลลิลิตร ให้เป็น 1.0 ลิตร โดยใช้ น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย

วิธีวิเคราะห์ :

1. ใส่ตัวอย่าง 250 มิลลิลิตร ลงในขวดเจลดาร์ลขนาด 800 มิลลิลิตร เจือจางให้เป็น 300 มิลลิลิตร และทำการปรับสภาพให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7 เตรียมแบลนด์โดยใช้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เช่นกัน

2. ค่อยๆ เติมสารที่ใช้ในการย่อยสลาย 50 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด

3. หลังจากผสมให้เข้ากันดีแล้ว นำขวดไปวางใส่ในอุปรกรณ์ที่ใช้ย่อยสลาย
 พึงระวังว่า ระบบการกำจัดควันจะต้องทำงานและจากนั้นจึงทำการเปิดเครื่องสำหรับย่อยสลาย
 ทำการต้มส่วนผสมทันทีจนกระทั่งสารละลายเริ่มใส ต้มต่ออีกเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงปิดเครื่อง
 ย่อยสลาย
4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น (แต่อย่าทิ้งไว้จนจับตัวเป็นก้อนแข็ง) และเจือจางเป็น 300 มิลลิลิตร
 ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 0.5 มิลลิลิตร ลงใน
 แต่ละขวดและผสมให้เข้ากัน
5. เอียงขวดและค่อย ๆ รินสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟต 50
 มิลลิลิตร ลงไปตามผนังของขวดที่ใช้ย่อยสลาย
6. ต่อขวดเจลาตูลอย่างระมัดระวังในชุดอุปกรณ์การกลั่น เติมสารละลายอินดิเคติงบอ
 ริกแอซิด 50 มิลลิลิตร ลงในขวดที่รองรับ
 พึงระวังว่า ปลายที่ต่อกับเครื่องควบแน่นจะต้องจุ่มอยู่ใต้สารละลายบอริกแอซิดเสมอ
7. เมื่อทำการต่อขวดเจลาตูลเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการผสมสารต่าง ๆ ให้เข้ากันโดยการ
 หมุนไปมาเบา ๆ
8. เปิดเครื่องกลั่นและเก็บส่วนที่กลั่นออกมาให้ได้ 200 มิลลิลิตร ไว้ในขวดขนาด 250
 มิลลิลิตร ซึ่งมีสารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด ระหว่างที่ทำการเก็บส่วนที่กลั่น 2 - 3 มิลลิลิตร
 สุดท้าย ให้นำปลายที่จุ่มไว้เหนือสารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด ซึ่งจะเป็นการป้องกันการดูด
 กลับของสารละลายเข้าไปในขวดสำหรับย่อยสลายเมื่อทำการปิดเครื่องกลั่นแล้ว
9. ปิดเครื่องกลั่น นำส่วนที่กลั่นได้นี้ไปหาปริมาณที่เคเอ็นในตัวอย่าง โดยการไทเทรตกับ
 สารมาตรฐาน 0.01 M H_2SO_4 บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ A
10. ไทเทรตส่วนที่กลั่นได้จากแบลงค์ด้วยสารมาตรฐาน 0.01 M H_2SO_4 บันทึกปริมาตรที่
 ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ B

การคำนวณ

$$\text{มิลลิกรัม/ลิตร ที่เคเอ็น} = (A-B) \times (0.01) \times (2) \times (14) \times (1000)$$

เมื่อ

- | | | |
|----|---|------------------------------------|
| A | = | มิลลิลิตรที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง |
| B | = | มิลลิลิตรที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์ |
| 2 | = | ออกซิเดชันนัมเบอร์ |
| 14 | = | น้ำหนักสมมูลของ N, 1000 มิลลิกรัม |

$$0.01 = M \text{ H}_2\text{SO}_4, \text{ และ } 1000 = \text{ มิลลิลิตร/กรัม}$$

8. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus)

(ด้วยวิธีกรดแอสคอร์บิก)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีอินฟราเรดโฟโตทิวบ์สำหรับใช้กับความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

2. เครื่องแก้วที่ล้างด้วยกรดและน้ำกลั่นจนสะอาด

สารเคมี :

1. กรดซัลฟิวริก 5 นอร์มัล

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 70 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร

2. สารละลายแอนติโมนิลโปแตสเซียมตาร์เตรต (potassium antimonyl tartrate solution)

ละลาย $\text{K(SbO)C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ 1.3715 กรัม ในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 500 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร เก็บในขวดแก้ว

3. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate solution)

ละลาย $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 20 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) 0.1 โมลาร์

ละลายกรดแอสคอร์บิก 1.76 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะคงตัวประมาณ 1 สัปดาห์ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. น้ำยารวม (combined reagent)

ผสมน้ำยาเคมีที่กล่าวแล้วข้างบนในสัดส่วนสำหรับ 100 มิลลิลิตร ดังนี้

กรดซัลฟิวริก 5 นอร์มัล	50	มิลลิลิตร
สารละลายแอนติโมนิลโปแตสเซียมตาร์เตรต	5	มิลลิลิตร
สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต	15	มิลลิลิตร
สารละลายกรดแอสคอร์บิก	30	มิลลิลิตร

ก่อนผสมต้องปล่อยให้สารละลายแต่ละชนิดอยู่ที่อุณหภูมิห้องก่อน นำมาผสมให้เข้ากันทุกครั้งเมื่อเติมส่วนผสมแต่ละชนิด (ให้เติมเรียงลำดับไป) ถ้ามีความขุ่นเกิดขึ้นในน้ำยารวมหลังจากเติมสารละลายแอนติโมนิลโปแตสเซียมตาร์เตรต หรือแอมโมเนียมโมลิบเดตให้เขย่าน้ำยาเคมีรวม

นี้แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 - 3 นาที จนกระทั่งความขุ่นหายไป จึงจะเติมน้ำยาตัวอื่นต่อไป น้ำยารวมนี้อยู่ตัวได้นาน 4 ชั่วโมง

6. สารละลายสต็อกฟอสเฟต

ละลาย anhydrous KH_2PO_4 219.5 กรัม ในน้ำกลั่นและเจือจางให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

(สารละลายนี้ 1000 มิลลิลิตร = ฟอสเฟต 50.0 ไมโครกรัม)

7. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

นำสารละลายสต็อกฟอสเฟตมา 25.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นได้ 1000 มิลลิลิตร

(สารละลายนี้ 1.0 มิลลิลิตร = ฟอสเฟต 2.5 ไมโครกรัม)

วิธีวิเคราะห์ :

1. การเตรียมตัวอย่าง

ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 125 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอลฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด ถ้าเป็นสีแดงให้หยดกรดซัลฟิวริก 5 นอร์มัล ลงไปที่ละหยดจนกระทั่งสีแดงหายไป เติมน้ำยารวม 8.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที นำไปวัดเปอร์เซ็นต์ T ที่ความยาวแสง 880 นาโนเมตร โดยใช้ reagent blank เทียบ 100 %T

2. การทำ Correction สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีสีหรือความขุ่น

โดยทั่วไปสีของน้ำธรรมชาติจะไม่ขัดขวางการหาที่ความยาวคลื่นสูง ๆ ซึ่งใช้อยู่ แต่ในกรณีที่มีสีขุ่นหรือมีสีมากให้ใช้น้ำตัวอย่างเป็นแบลนด์ โดยเติมน้ำยาทุกอย่างยกเว้นสารละลายกรดแอสคอร์บิกและสารละลายแอนติโมนิโพลีแดสเซียมตาร์ทเรตลงในตัวอย่าง นำไป set 100% T แล้ววัด %T ตัวอย่างน้ำที่เติมน้ำยาครบทุกชนิด

3. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

เตรียมอนุกรมความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต ดังนี้ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ไมโครกรัมโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (1 มิลลิลิตร = 2.5 μg ฟอสเฟต) มา 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50.0 มิลลิลิตร แต่ละขวด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน เทใส่ขวดรูปกรวย ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำยารวม 8.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที นำไปวัด %T ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร โดยใช้ขวดที่มีความเข้มข้น 0 ไมโครกรัมเป็นแบลนด์

พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นเป็นไมโครกรัมกับ %T ที่ได้แต่ละความเข้มข้น โดยใช้
กราฟ SEMILOG

การคำนวณ

ฟอสเฟต (มิลลิกรัมฟอสเฟต/ลิตร)

= ไมโครกรัมฟอสเฟตที่อ่านได้จากกราฟ

ปริมาตรตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

9. การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (GC)

นำตัวอย่างก๊าซชีวภาพที่เก็บไว้ในหลอดสุญญากาศมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบโดย
เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี

ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยเครื่องก๊าซโคร
มาโตกราฟีมีดังนี้คือ

คอลัมน์	:	Porapak Q ขนาด (ID) 3.2 มิลลิเมตร ยาว 2.10 เมตร
การตรวจวัด	:	Thermal Conductivity Detector (TCD)
อุณหภูมิคอลัมน์	:	50 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอินเจคเตอร์	:	90 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิดีเทคเตอร์	:	90 องศาเซลเซียส
ก๊าซตัวพา	:	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	:	30 มิลลิลิตร/นาที
กระแสไฟ	:	50 มิลลิแอมแปร์
ปริมาตรในการวิเคราะห์	:	1 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

1. อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (Organic Loading)

$$= \frac{\text{COD} \times Q}{V \times 1000} \quad (\text{ กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน })$$

เมื่อ COD = ค่าซีโอดีของน้ำเสีย (มิลลิกรัม/ลิตร)

Q = อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลิตร/วัน)

V = ปริมาตรของถังหมัก (ลิตร)

2. ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time; HRT)

$$= \frac{\text{ปริมาตรของถังหมัก}}{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย}} \quad (\text{ วัน })$$

3. ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์

$$= \frac{(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) \times 100}{\text{COD}_{\text{inf}}} \quad (\%)$$

เมื่อ COD_{inf} = ซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)

COD_{eff} = ซีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)

4. ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas Yield)

- พิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

$$= \frac{\text{Gas}}{Q \times \text{COD}_{\text{inf}}} \quad (\text{ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบ})$$

- พิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด

$$= \frac{\text{Gas}}{Q \times (\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}})} \quad (\text{ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด})$$

- พิจารณาเทียบกับปริมาตรของถังหมัก

$$= \frac{\text{Gas}}{V} \quad (\text{ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตรของถังหมัก-วัน})$$

5. ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทน (Methane Yield)

- พิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

$$= \frac{\text{Me}}{Q \times \text{COD}_{\text{inf}}} \quad (\text{ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบ})$$

- พิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด

$$= \frac{\text{Me}}{Q \times (\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}})} \quad (\text{ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด})$$

- พิจารณาเทียบกับปริมาตรของถังหมัก

$$= \frac{Me}{V} \quad (\text{ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตรของถังหมัก-วัน})$$

เมื่อ	Gas	=	ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน	(มิลลิลิตร/วัน)
	Me	=	ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นต่อวัน	(มิลลิลิตร/วัน)
	Q	=	อัตราการไหลของน้ำเสีย	(ลิตร/วัน)
	V	=	ปริมาตรของถังหมัก	(ลิตร)
	COD _{inf}	=	ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ	(มิลลิกรัม/ลิตร)
	COD _{eff}	=	ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบ	(มิลลิกรัม/ลิตร)

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ข้อมูลการทดลองในรูปแบบตารางและกราฟแสดงค่าธรรมชนิต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนของถังหมัก โดยแบ่งตามอัตราการป้อนสารอินทรีย์ดังนี้

1. ระบบบำบัดยูเอเอสบีแบบสองขั้นตอน

ตารางที่ ค. 1 และรูปที่ ค. 1 - ค. 6 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.53 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

2. ระบบบำบัดยูเอเอสบีแบบขั้นตอนเดียว

ตารางที่ ค. 2 และรูปที่ ค. 7 - ค. 21 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.62 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 3 และรูปที่ ค. 22 - ค. 36 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.99 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 4 และรูปที่ ค. 37 - ค. 51 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 4.26 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 5 และรูปที่ ค. 52 - ค. 66 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.61 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 6 และรูปที่ ค. 67 - ค. 81 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 8.93 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 7 และรูปที่ ค. 82 - ค. 96 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 12.55 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 8 และรูปที่ ค. 97 - ค. 111 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 17.06 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 9 และรูปที่ ค. 112 - ค. 126 แสดงค่าธรรมชนิต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 21.27 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

ตารางที่ ค. 1 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าตัวแปรที่ต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวัน
ที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.53 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)		HRT (Days)		Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)		COD (mg/l)			pH		
	AR	MR	AR	MR	AR	MR	Feed	AR	MR	Feed	AR	MR
1	1.87	1.87	1.50	7.65	1.74	0.34	2600	120	60	5.40	8.50	8.50
2	1.87	1.87	1.50	7.65	1.74	0.34	2600	560	60	5.40	8.40	8.50
3	1.87	1.87	1.50	7.65	1.74	0.34	2600	1240	80	5.40	7.40	8.30
4	1.87	1.87	1.50	7.65	2.40	0.47	3600	1800	100	5.80	7.00	8.30
5	1.87	1.87	1.50	7.65	2.40	0.47	3600	1120	60	5.80	7.00	8.10
6	1.87	1.87	1.50	7.65	2.40	0.47	3600	1280	60	5.80	6.80	8.10
7	1.87	1.87	1.50	7.65	2.14	0.42	3200	1440	60	5.70	6.90	8.10
8	1.87	1.87	1.50	7.65	2.14	0.42	3200	1380	60	5.70	6.20	8.10
9	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	2720	160	6.00	6.20	8.50
10	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	1920	120	6.00	6.30	8.30
11	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	2000	100	6.00	6.30	8.30
12	1.87	1.87	1.50	7.65	2.40	0.47	3600	2320	120	5.80	6.40	8.20
13	1.87	1.87	1.50	7.65	2.40	0.47	3600	2400	60	5.80	6.90	8.20
14	1.87	1.87	1.50	7.65	2.27	0.44	3400	2080	60	5.90	6.90	8.20
15	1.87	1.87	1.50	7.65	2.27	0.44	3400	2000	80	5.90	6.80	8.40
16	1.87	1.87	1.50	7.65	2.27	0.44	3400	1920	120	5.90	7.00	8.30

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

วันที่	Flow Rate (l/d)		HRT (Days)		Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)		COD (mg/l)			pH		
	AR	MR	AR	MR	AR	MR	Feed	AR	MR	Feed	AR	MR
17	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	2400	160	5.80	6.50	8.20
18	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	2720	480	5.80	6.60	8.20
19	1.87	1.87	1.50	7.65	2.27	0.44	3400	2520	400	5.60	6.70	8.10
20	1.87	1.87	1.50	7.65	2.27	0.44	3400	1680	400	5.60	6.90	7.60
21	1.87	1.87	1.50	7.65	2.27	0.44	3400	2040	280	5.60	7.20	7.20
22	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	1560	440	5.70	7.10	7.20
23	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	1680	260	5.70	7.30	7.50
24	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	1440	360	5.70	7.20	7.60
25	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	2040	240	5.70	7.30	7.40
26	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	960	120	5.70	7.20	7.80
27	1.87	1.87	1.50	7.65	2.54	0.50	3800	800	100	5.80	7.50	7.90
28	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	880	100	5.80	7.70	8.40
29	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	1200	80	5.80	8.10	8.60
30	1.87	1.87	1.50	7.65	2.67	0.52	4000	800	120	5.80	8.20	8.60
31	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	800	60	5.90	7.90	8.50
32	1.87	1.87	1.50	7.65	2.81	0.55	4200	800	140	5.90	8.10	8.40

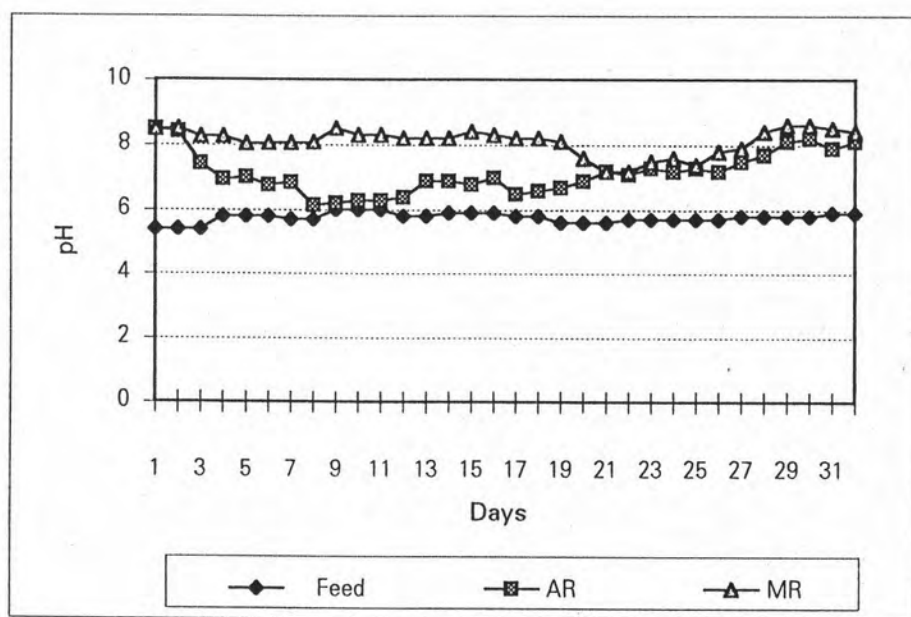
ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

วันที่	VFA (mg/l)			ALK (mg/l)			VFA/ALK			COD Reduction (%)		
	Feed	AR	MIR	Feed	AR	MIR	Feed	AR	MR	AR	MR	Overall
1	500	50	25	130	400	475	3.85	0.13	0.05	95.38	50.00	97.69
2	500	125	25	130	425	500	3.85	0.29	0.05	78.46	89.29	97.69
3	500	638	25	130	425	475	3.85	1.50	0.05	52.31	93.55	96.92
4	520	975	25	135	400	500	3.85	2.44	0.05	50.00	94.44	97.22
5	520	950	50	135	400	475	3.85	2.38	0.11	68.89	94.64	98.33
6	520	1050	25	135	375	475	3.85	2.80	0.05	64.44	95.31	98.33
7	495	938	50	125	375	475	3.96	2.50	0.11	55.00	95.83	98.13
8	495	1238	50	125	375	500	3.96	3.30	0.11	56.88	95.65	98.13
9	515	1200	50	135	375	425	3.81	3.20	0.12	35.23	94.12	96.19
10	515	1275	100	135	400	425	3.81	3.19	0.24	54.29	93.75	97.14
11	515	1163	50	135	375	450	3.81	3.10	0.11	52.38	95.00	97.62
12	490	1313	50	125	400	475	3.92	3.28	0.11	35.56	94.83	96.67
13	490	1313	25	125	450	400	3.92	2.92	0.06	33.33	97.50	98.33
14	490	1200	25	125	400	375	3.92	3.00	0.07	38.82	97.12	98.24
15	518	1163	25	130	375	375	3.98	3.10	0.07	41.18	96.00	97.65
16	518	938	25	130	400	350	3.98	2.34	0.07	43.53	93.75	96.47

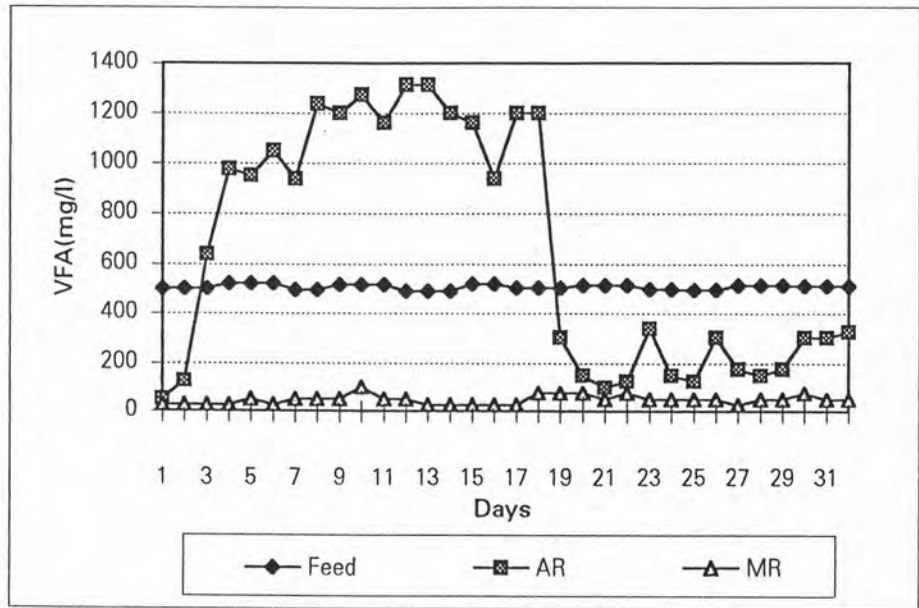
ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

วันที่	VFA (mg/l)			ALK (mg/l)			VFA/ALK			COD Reduction (%)		
	Feed	AR	MR	Feed	AR	MR	Feed	AR	MR	AR	MR	Overall
17	503	1200	25	120	400	375	4.19	3.00	0.07	36.84	93.33	95.79
18	503	1200	75	120	400	400	4.19	3.00	0.19	28.42	82.35	87.37
19	503	300	75	120	400	575	4.19	0.75	0.13	25.88	84.13	88.24
20	512	150	75	130	300	550	3.94	0.50	0.14	50.59	76.19	88.24
21	512	100	50	130	300	350	3.94	0.33	0.14	40.00	86.27	91.76
22	512	125	75	130	325	450	3.94	0.38	0.17	58.95	71.79	88.42
23	498	338	50	125	400	475	3.98	0.85	0.11	55.79	84.52	93.16
24	498	150	50	125	350	375	3.98	0.43	0.13	62.11	75.00	90.53
25	495	125	50	120	300	450	4.13	0.42	0.11	46.32	88.24	93.68
26	495	300	50	120	350	450	4.13	0.86	0.11	74.74	87.50	96.84
27	513	175	25	130	325	350	3.95	0.54	0.07	78.95	87.50	97.37
28	513	150	50	130	350	375	3.95	0.43	0.13	75.05	88.64	97.62
29	513	175	50	130	350	450	3.95	0.50	0.11	71.43	93.33	98.10
30	510	300	75	125	350	425	4.08	0.86	0.18	80.00	85.00	97.00
31	510	300	50	125	400	425	4.08	0.75	0.12	80.95	92.50	98.57
32	510	325	50	125	400	425	4.08	0.81	0.12	80.95	82.50	96.67

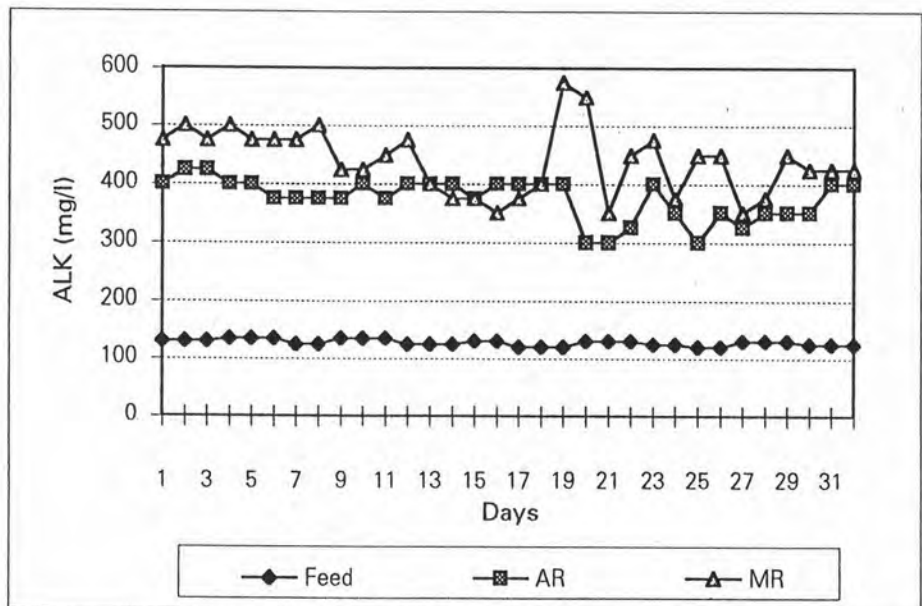
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.53 กิโลกรัมซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



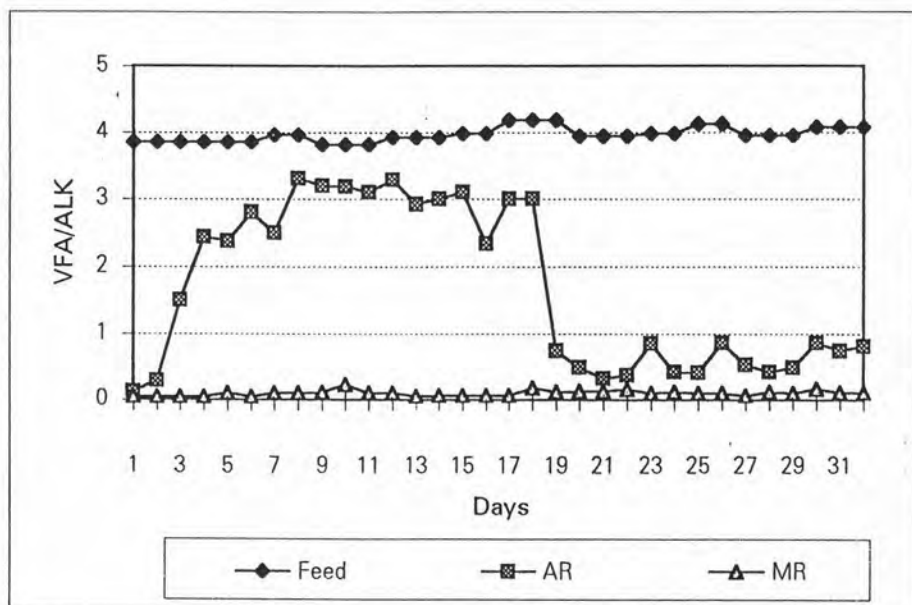
รูปที่ ค.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



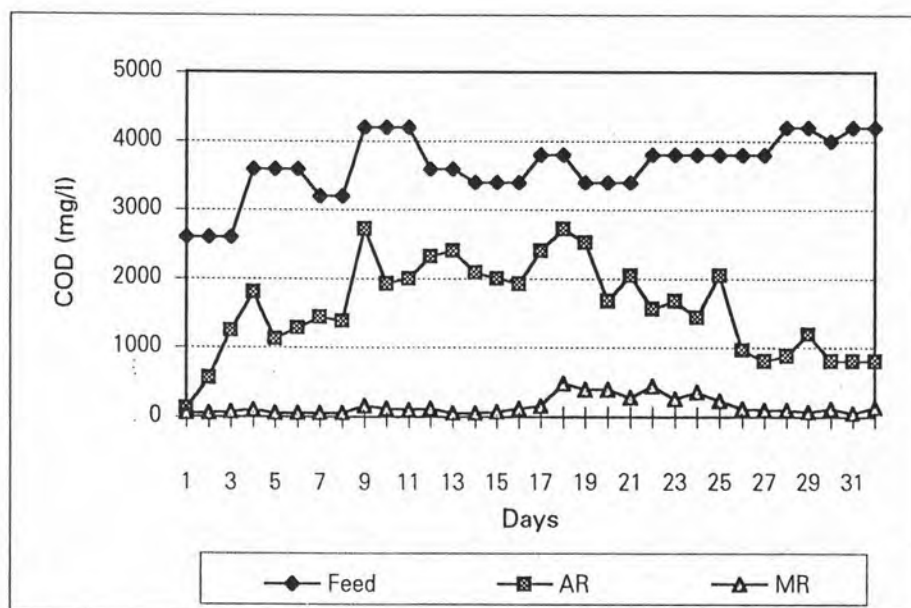
รูปที่ ค. 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



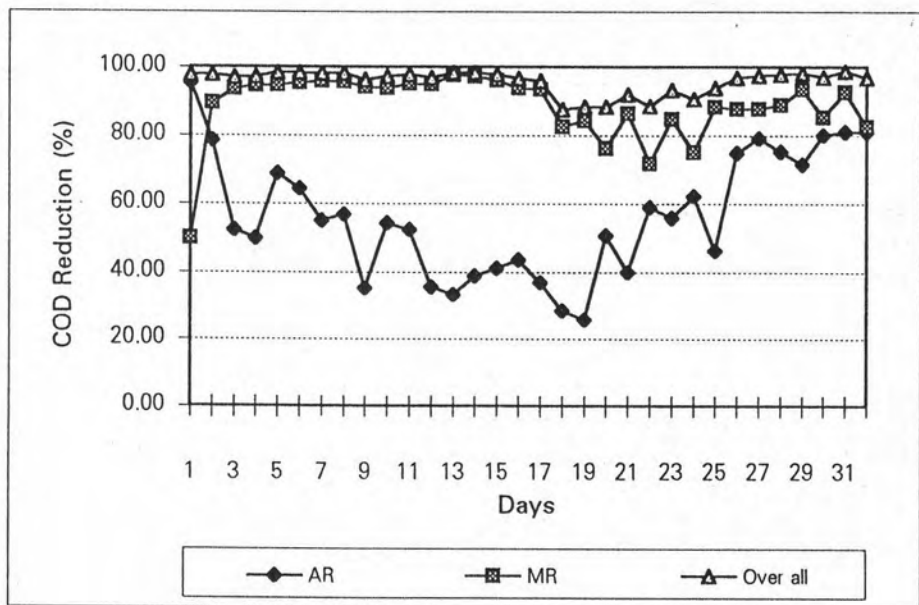
รูปที่ ค. 3 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



รูปที่ ค. 4 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



รูปที่ ค. 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



รูปที่ ค. 6 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์

ตารางที่ ค. 2 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าครุภัณฑ์ต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการบำบัด 0.62 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	1.87	7.65	0.36	2720	140	5.90	8.50	503	10	125	155	4.03	0.06
2	1.87	7.65	0.36	2720	100	5.90	8.54	503	15	125	185	4.03	0.08
3	1.87	7.65	0.37	2800	80	5.89	8.45	518	20	130	200	3.98	0.10
4	1.87	7.65	0.37	2800	140	5.89	8.41	518	20	130	315	3.98	0.06
5	1.87	7.65	0.37	2800	180	5.89	8.43	518	30	130	335	3.98	0.09
6	1.87	7.65	0.55	4200	120	5.87	8.56	758	45	210	335	3.61	0.13
7	1.87	7.65	0.55	4200	240	5.87	8.43	758	65	210	315	3.61	0.21
8	1.87	7.65	0.55	4200	260	5.87	8.50	758	80	210	355	3.61	0.23
9	1.87	7.65	0.55	4200	360	5.84	8.54	773	120	220	370	3.51	0.32
10	1.87	7.65	0.55	4200	400	5.84	8.46	773	135	220	400	3.51	0.34
11	1.87	7.65	0.55	4200	460	5.84	8.40	773	155	220	415	3.51	0.37
12	1.87	7.65	0.55	4200	440	5.82	8.42	743	150	235	465	3.16	0.32
13	1.87	7.65	0.55	4200	420	5.92	8.33	743	125	235	500	3.16	0.25
14	1.87	7.65	0.58	4400	420	5.91	8.45	758	120	215	495	3.53	0.24
15	1.87	7.65	0.58	4400	480	5.91	8.46	758	130	215	500	3.53	0.26
16	1.87	7.65	0.58	4400	320	5.91	8.41	758	100	215	515	3.53	0.19
17	1.87	7.65	0.60	4600	280	5.96	8.44	773	95	210	500	3.68	0.19
18	1.87	7.65	0.60	4600	300	5.86	8.38	773	80	210	540	3.68	0.15
19	1.87	7.65	0.60	4600	260	5.86	8.26	773	85	210	525	3.68	0.16
20	1.87	7.65	0.58	4400	320	5.93	8.37	818	70	210	510	3.90	0.14
21	1.87	7.65	0.63	4800	280	5.91	8.30	818	65	240	520	3.41	0.13
22	1.87	7.65	0.63	4800	260	5.91	8.35	818	70	240	505	3.41	0.14
23	1.87	7.65	0.63	4800	280	5.91	8.36	818	75	240	495	3.41	0.15
24	1.87	7.65	0.63	4800	220	5.92	8.36	818	95	225	525	3.64	0.18
25	1.87	7.65	0.63	4800	220	5.92	8.34	818	85	225	525	3.64	0.16

ตารางที่ ค. 2 (ต่อ)

วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	390	350	94.85	612	90.76	1.84	7.40
2	435	400	96.32	663	91.13	1.39	7.48
3	470	420	97.14	765	90.78	1.42	7.80
4	320	310	95.00	629	91.21	1.25	7.54
5	295	680	93.57	799	90.56	1.43	8.01
6	415	630	95.24	1037	89.83	1.48	8.69
7	380	530	94.29	935	91.46	1.95	6.59
8	505	710	93.81	1139	90.42	1.34	8.24
9	410	620	91.43	986	89.05	1.43	9.52
10	375	480	90.84	1275	90.42	0.00	9.58
11	425	570	89.05	1428	90.14	0.81	9.05
12	560	350	89.52	1513	89.17	1.12	9.71
13	420	300	90.00	1649	90.12	0.71	9.17
14	515	290	90.45	1445	90.50	1.65	7.85
15	375	180	89.09	1700	89.37	1.49	9.14
16	255	120	92.73	1921	89.14	0.72	10.14
17	340	90	93.91	2057	88.78	1.45	9.77
18	410	120	93.48	2142	90.21	0.00	9.79
19	360	100	94.35	2023	89.18	1.07	9.75
20	270	105	92.73	2176	89.34	0.65	10.01
21	395	115	94.17	2040	91.47	1.04	7.49
22	485	130	94.58	2278	88.79	1.72	9.49
23	575	80	94.17	2142	91.04	1.55	7.41
24	425	110	95.42	2210	90.45	1.38	8.17
25	475	60	95.42	2312	89.73	1.53	8.74

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

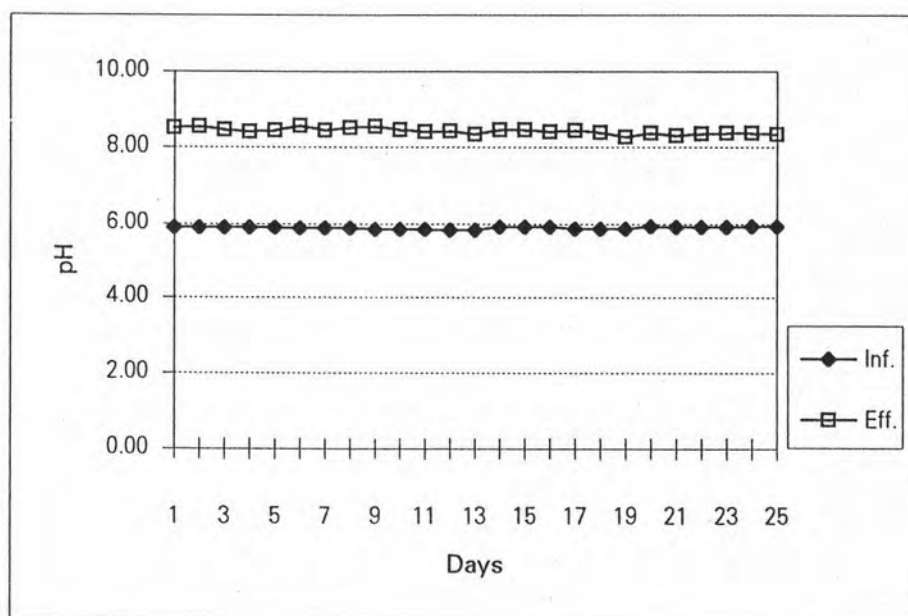
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.1203	0.1269	0.0428	0.1092	0.1151	0.0388
2	0.1303	0.1353	0.0464	0.1188	0.1233	0.0423
3	0.1461	0.1504	0.0535	0.1326	0.1365	0.0486
4	0.1201	0.1265	0.0440	0.1096	0.1153	0.0401
5	0.1526	0.1631	0.0559	0.1382	0.1477	0.0506
6	0.1320	0.1359	0.0725	0.1186	0.1221	0.0651
7	0.1190	0.1263	0.0654	0.1089	0.1155	0.0598
8	0.1450	0.1546	0.0797	0.1311	0.1398	0.0720
9	0.1255	0.1373	0.0690	0.1118	0.1223	0.0614
10	0.1623	0.1794	0.0892	0.1468	0.1622	0.0806
11	0.1818	0.2042	0.0999	0.1639	0.1840	0.0900
12	0.1926	0.2152	0.1058	0.1718	0.1919	0.0943
13	0.2100	0.2333	0.1193	0.1892	0.2102	0.1039
14	0.1756	0.1942	0.1010	0.1589	0.1757	0.0914
15	0.2066	0.2319	0.1189	0.1846	0.2073	0.1062
16	0.2335	0.2518	0.1343	0.2081	0.2244	0.1197
17	0.2391	0.2546	0.1438	0.2123	0.2261	0.1277
18	0.2490	0.2664	0.1498	0.2246	0.2403	0.1351
19	0.2352	0.2493	0.1415	0.2097	0.2223	0.1262
20	0.2645	0.2852	0.1522	0.2363	0.2548	0.1369
21	0.2273	0.2414	0.1427	0.2079	0.2208	0.1305
22	0.2538	0.2683	0.1593	0.2253	0.2382	0.1414
23	0.2386	0.2534	0.1498	0.2173	0.2307	0.1364
24	0.2462	0.2580	0.1545	0.2227	0.2334	0.1398
25	0.2576	0.2699	0.1617	0.2311	0.2422	0.1451

Unit 1 = m³/kgCODfed

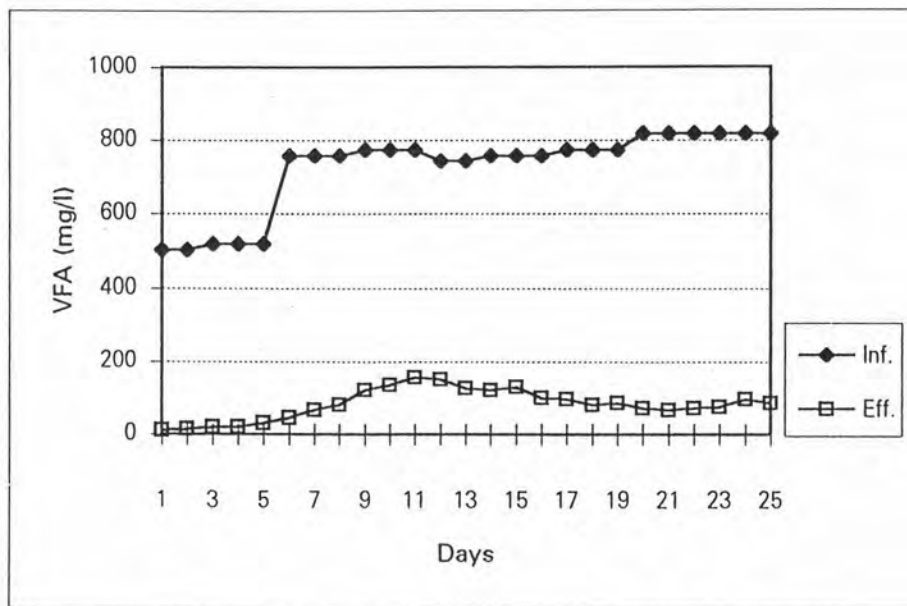
Unit 2 = m³/kgCODremoved

Unit 3 = m³/m³ reactor.d

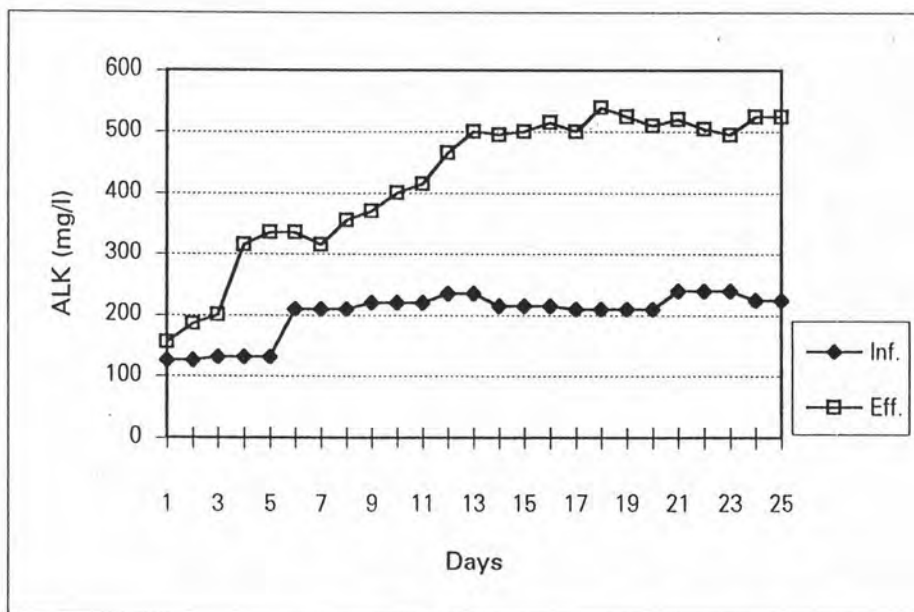
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.62 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



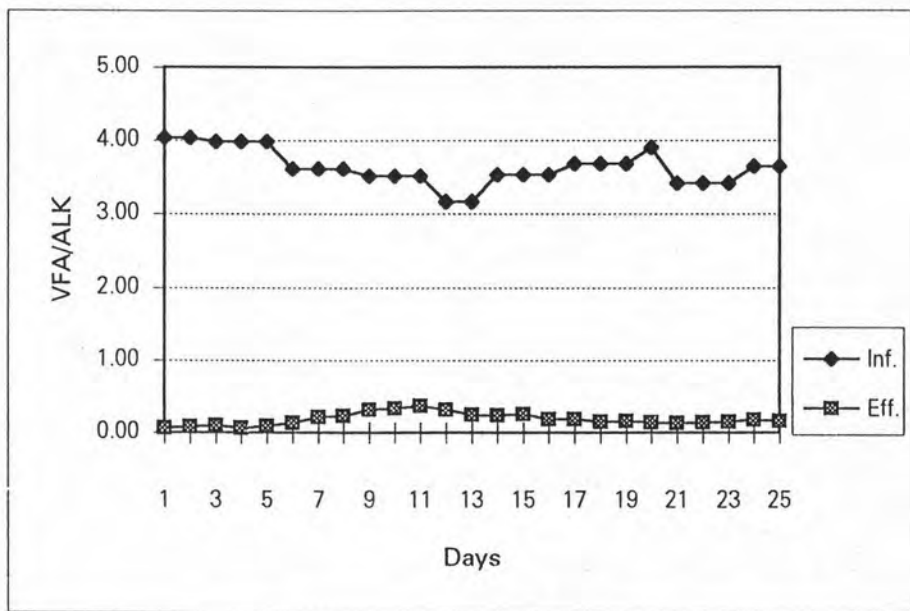
รูปที่ ค. 7 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



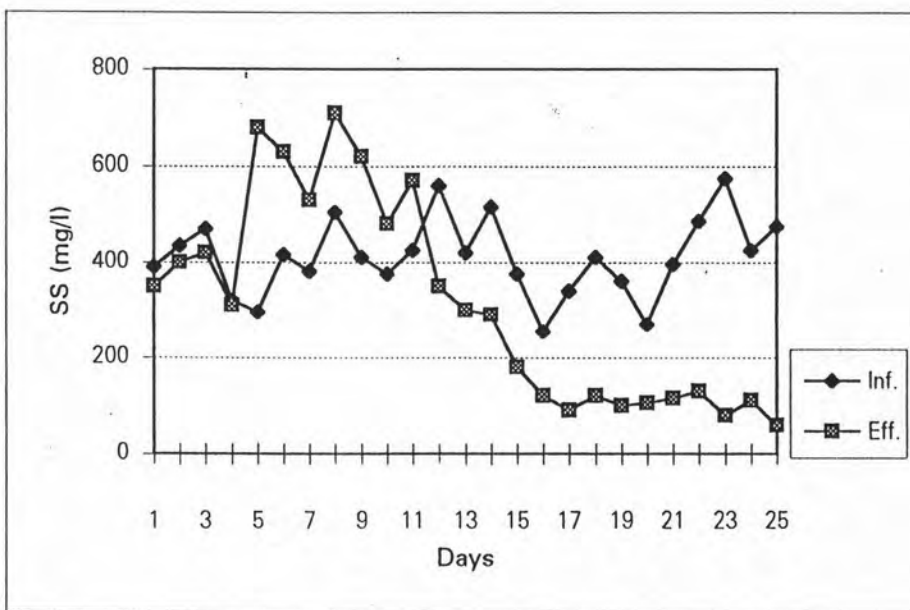
รูปที่ ค. 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



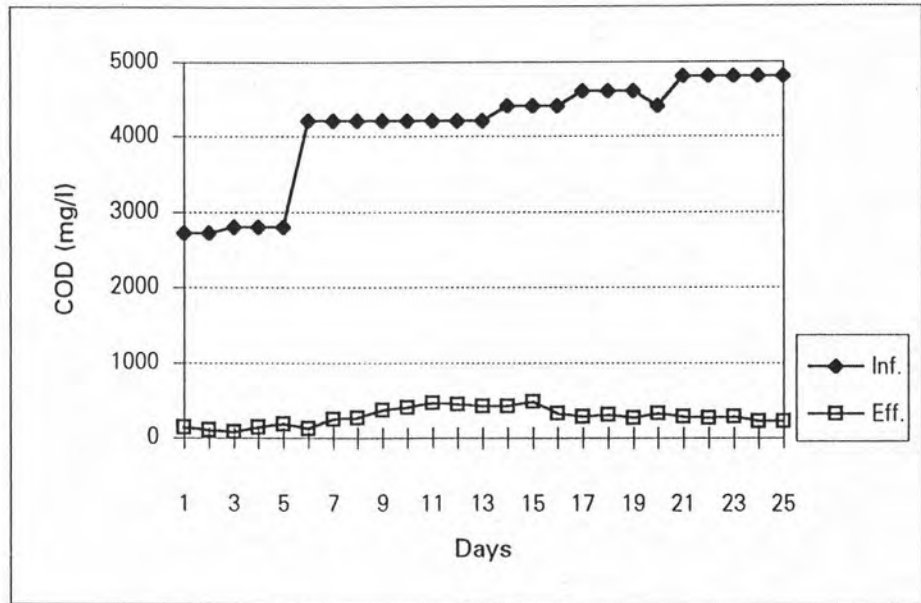
รูปที่ ค. 9 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



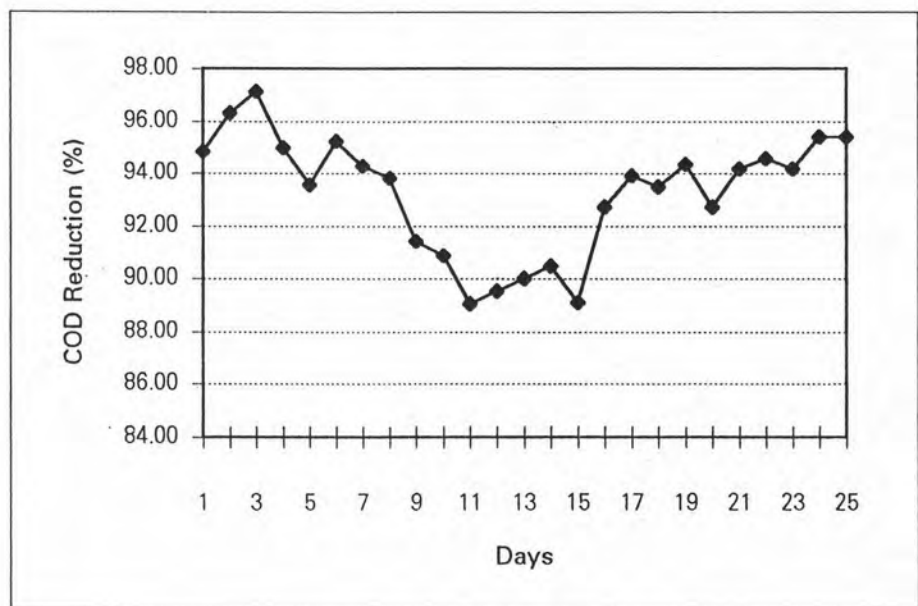
รูปที่ ค. 10 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



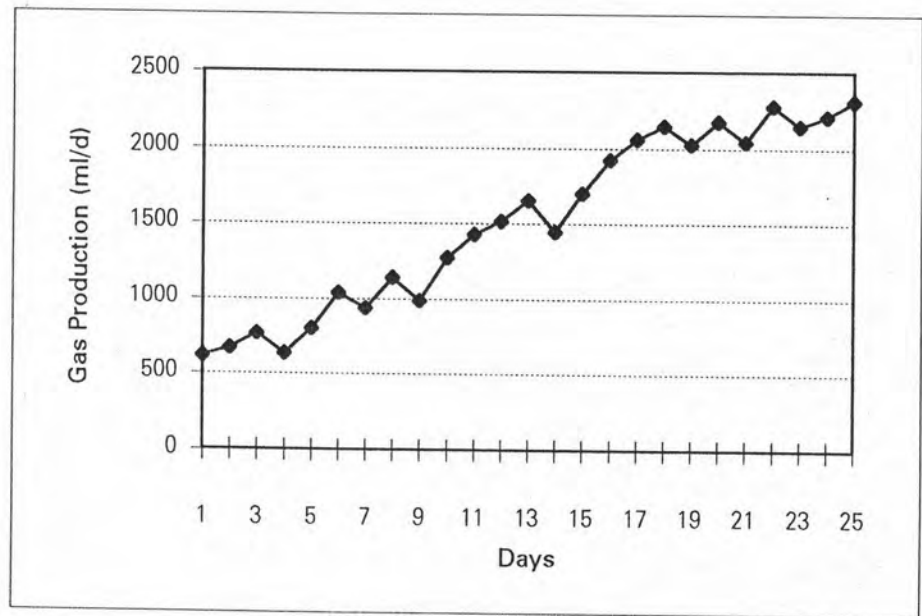
รูปที่ ค. 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



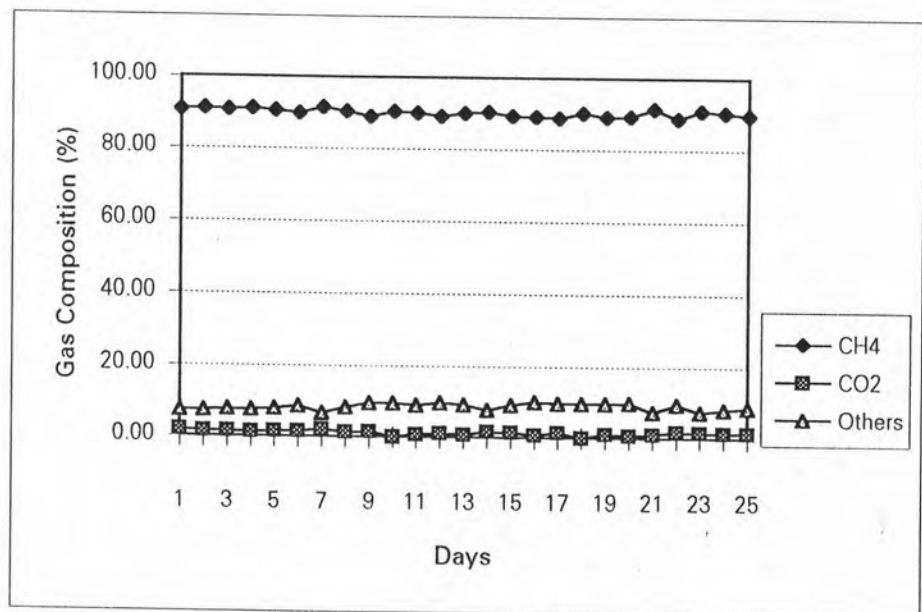
รูปที่ ค. 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



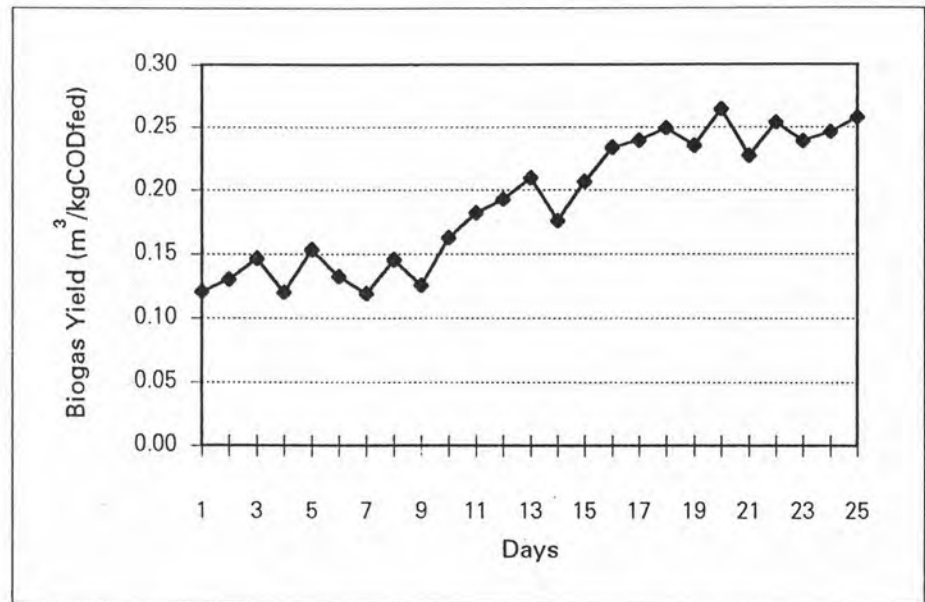
รูปที่ ค. 13 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์



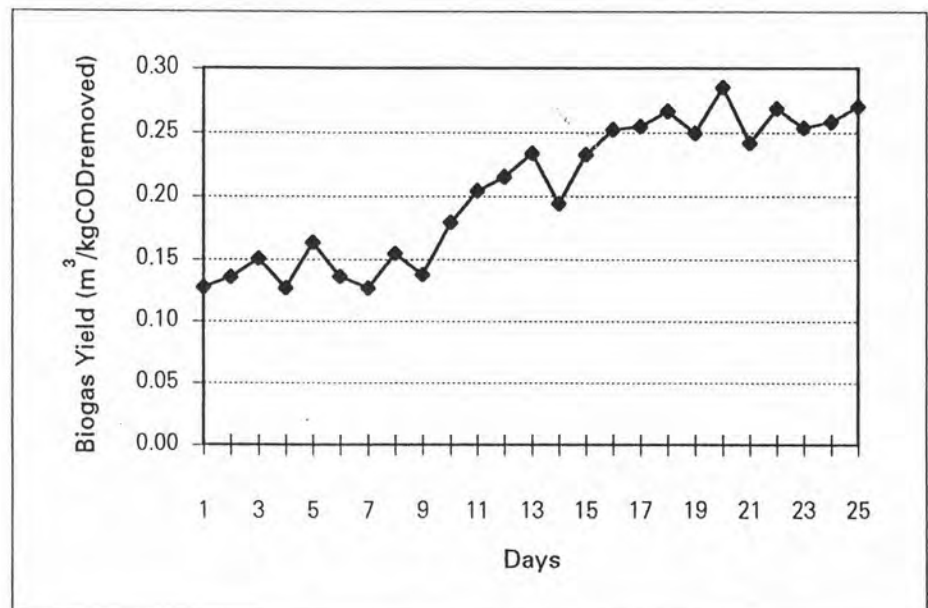
รูปที่ ค. 14 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



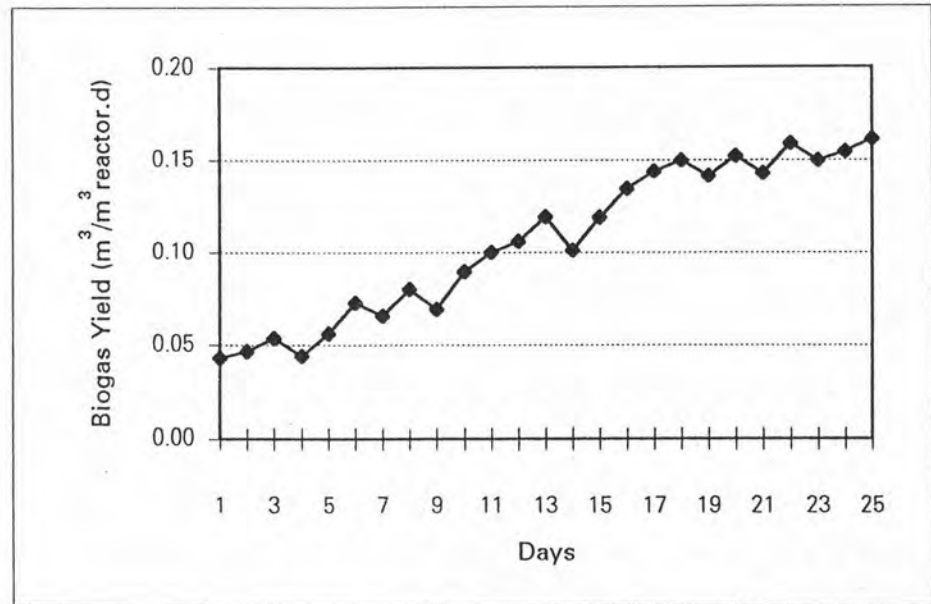
รูปที่ ค. 15 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



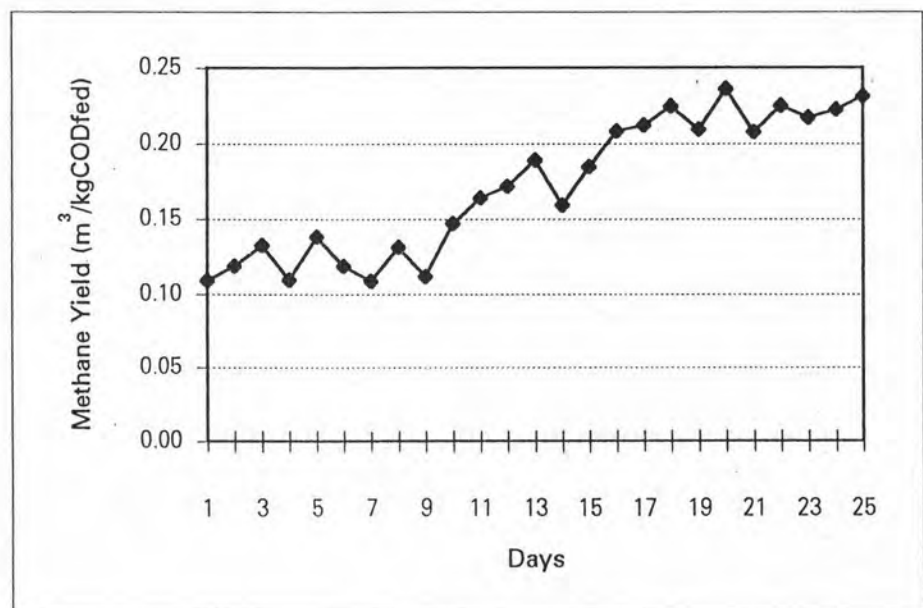
รูปที่ ค. 16 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



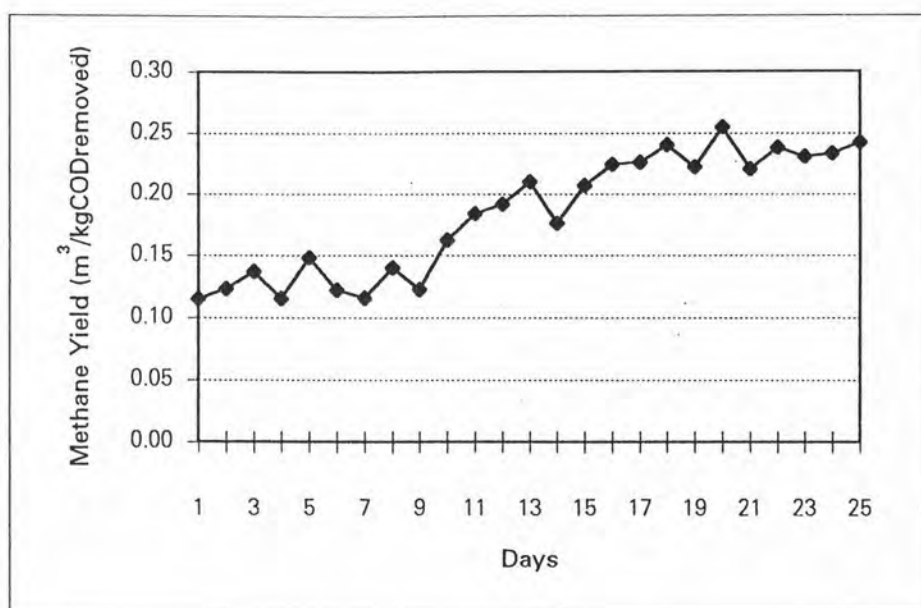
รูปที่ ค. 17 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



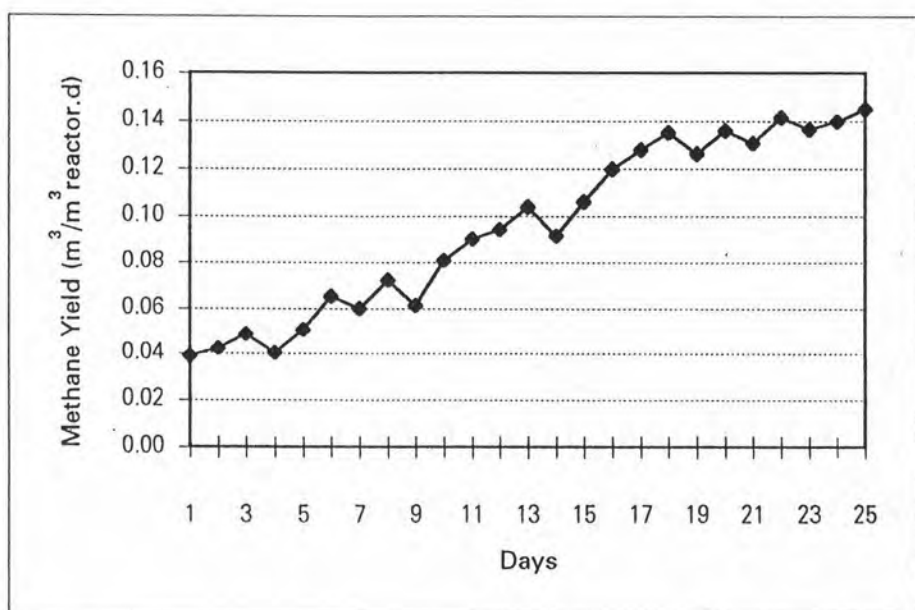
รูปที่ ค. 18 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก



รูปที่ ค. 19 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 20 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 21 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาตรของถังหมัก

ตารางที่ ค. 3 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าครุภัณฑ์ต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการบำบัดน้ำเสียได้/ลูกบาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	1.87	7.65	1.78	13600	820	5.69	8.39	2325	420	630	620	3.69	0.68
2	1.87	7.65	1.78	13600	1880	5.69	8.17	2325	878	630	740	3.69	1.19
3	1.87	7.65	2.30	17600	3000	5.67	8.08	2243	1178	665	850	3.37	1.39
4	1.87	7.65	2.30	17600	2640	5.67	8.09	2243	1133	665	975	3.37	1.16
5	1.87	7.65	2.30	16000	2800	5.67	8.02	2108	1058	660	905	3.19	1.17
6	1.87	7.65	2.09	16000	2000	5.67	7.91	2108	645	660	900	3.19	0.72
7	1.87	7.65	2.25	17200	1760	5.67	7.96	2100	600	650	1055	3.23	0.59
8	1.87	7.65	1.99	15200	1760	5.79	7.90	2100	533	675	845	3.11	0.63
9	1.87	7.65	1.99	15200	1680	5.79	8.02	2100	458	675	915	3.11	0.50
10	1.87	7.65	1.99	15200	1840	5.67	7.83	2108	540	655	740	3.22	0.73
11	1.87	7.65	1.99	15200	1680	5.67	7.71	2108	600	655	720	3.22	0.83
12	1.87	7.65	1.99	15200	1840	5.67	7.81	2108	563	655	890	3.22	0.63
13	1.87	7.65	1.94	14800	1360	5.68	7.72	2145	495	660	730	3.25	0.68
14	1.87	7.65	1.94	14800	1520	5.68	7.55	2145	563	660	840	3.25	0.67
15	1.87	7.65	1.96	15000	1360	5.63	7.67	2138	458	665	865	3.22	0.53
16	1.87	7.65	1.96	15000	1440	5.63	7.82	2138	480	665	970	3.22	0.49
17	1.87	7.65	1.96	15000	1280	5.63	7.71	2138	323	665	770	3.22	0.42
18	1.87	7.65	1.88	14400	1600	5.72	7.56	2093	353	675	720	3.10	0.49
19	1.87	7.65	1.88	14400	780	5.72	7.66	2093	55	675	835	3.10	0.07
20	1.87	7.65	1.88	14400	760	5.72	7.60	2093	45	675	820	3.10	0.05
21	1.87	7.65	1.99	15200	720	5.67	7.74	2160	35	680	865	3.18	0.04
22	1.87	7.65	1.99	15200	560	5.67	7.80	2160	5	680	750	3.18	0.01
23	1.87	7.65	2.07	15800	440	5.70	8.08	2093	15	675	715	3.10	0.02
24	1.87	7.65	2.07	15800	500	5.70	7.96	2093	5	675	735	3.10	0.01
25	1.87	7.65	2.07	15800	560	5.70	7.90	2093	25	675	705	3.10	0.04

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

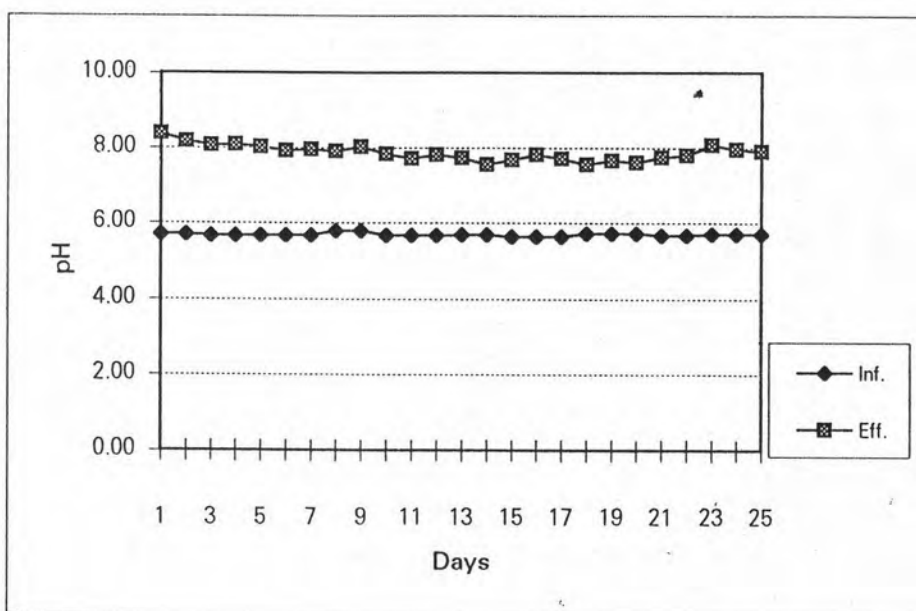
วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	425	120	93.97	7956	79.57	14.94	5.49
2	530	180	86.18	8568	67.24	24.73	8.03
3	610	485	82.95	8925	76.64	15.63	7.73
4	450	403	86.36	9316	76.47	18.16	5.37
5	670	677	82.50	9860	71.39	22.21	6.40
6	535	390	87.50	10013	71.68	17.14	6.83
7	655	237	89.77	10200	76.09	17.14	6.77
8	610	330	88.42	9962	77.17	17.56	5.27
9	735	267	88.95	9469	75.54	18.09	6.37
10	545	363	87.89	10370	76.42	17.54	6.04
11	475	183	88.95	9843	77.17	17.15	5.68
12	670	190	87.89	10455	77.59	17.34	5.07
13	800	380	90.81	10591	78.15	16.58	5.27
14	615	247	89.73	9996	77.35	17.15	5.50
15	570	197	90.93	10965	78.21	16.05	5.74
16	635	240	90.40	11237	78.13	16.27	5.60
17	700	250	91.47	11526	76.84	17.79	5.37
18	580	167	88.89	11951	78.35	16.19	5.46
19	720	230	94.58	11526	77.68	17.43	4.89
20	580	203	94.72	11900	76.89	17.82	5.29
21	615	267	95.26	11475	77.61	17.54	4.85
22	650	233	96.32	11815	79.50	16.01	4.49
23	715	193	97.22	12070	78.27	17.18	4.55
24	820	180	96.84	11985	78.60	16.54	4.86
25	650	255	96.46	11611	79.10	16.41	4.49

ตารางที่ ค. 3 (ต่อ)

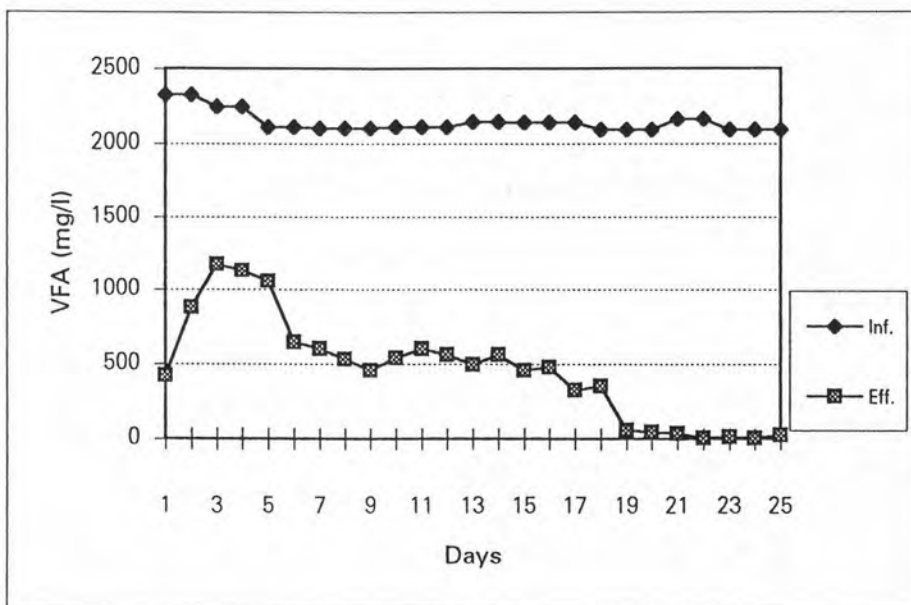
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.3128	0.3329	0.5564	0.2489	0.3333	0.4427
2	0.3369	0.3909	0.5992	0.2265	0.2629	0.4029
3	0.2712	0.3269	0.6241	0.2078	0.2505	0.4783
4	0.2831	0.3330	0.6515	0.2165	0.2547	0.4982
5	0.3295	0.3994	0.6895	0.2353	0.2852	0.4922
6	0.3347	0.3825	0.7002	0.2399	0.2742	0.5019
7	0.3171	0.3533	0.7133	0.2413	0.2688	0.5427
8	0.3505	0.3964	0.6966	0.2705	0.3059	0.5376
9	0.3331	0.3745	0.6622	0.2516	0.2829	0.5002
10	0.3648	0.4151	0.7252	0.2788	0.3172	0.5542
11	0.3463	0.3893	0.6883	0.2672	0.3004	0.5312
12	0.3678	0.4185	0.7311	0.2854	0.3247	0.5673
13	0.3827	0.4214	0.7406	0.2991	0.3293	0.5788
14	0.3612	0.4025	0.6990	0.2794	0.3113	0.5407
15	0.3909	0.4299	0.7668	0.3057	0.3362	0.5997
16	0.4006	0.4431	0.7858	0.3130	0.3462	0.6139
17	0.4109	0.4492	0.8060	0.3157	0.3452	0.6193
18	0.4438	0.4993	0.8357	0.3477	0.3912	0.6548
19	0.4280	0.4525	0.8060	0.3325	0.3515	0.6261
20	0.4419	0.4665	0.8322	0.3398	0.3587	0.6399
21	0.4037	0.4238	0.8024	0.3133	0.3289	0.6228
22	0.4157	0.4316	0.8262	0.3305	0.3431	0.6568
23	0.4085	0.4202	0.8441	0.3197	0.3289	0.6606
24	0.4056	0.4189	0.8381	0.3188	0.3293	0.6588
25	0.3930	0.4074	0.8120	0.3108	0.3223	0.6423

Unit 1 = m³/kgCODfed
 Unit 2 = m³/kgCODremoved
 Unit 3 = m³/m³ reactor.d

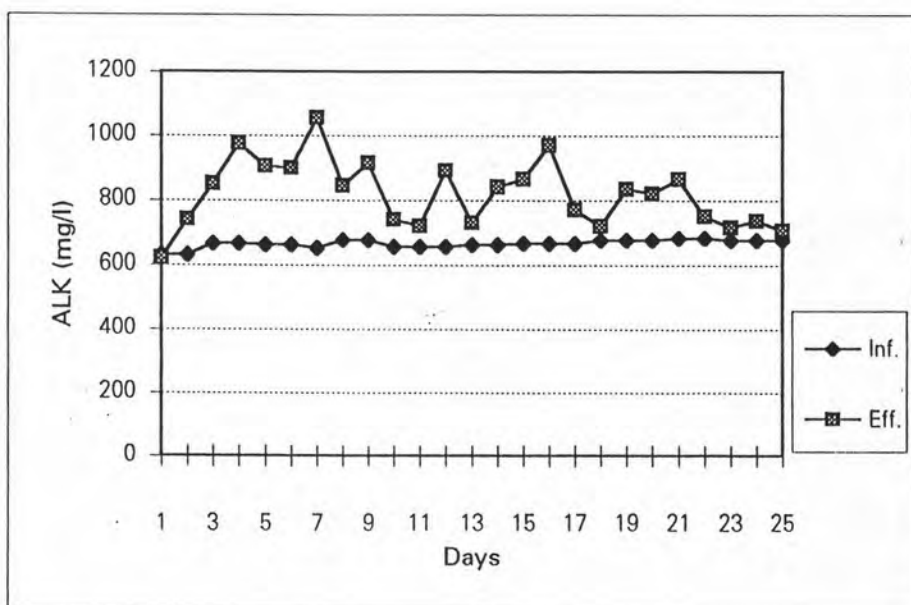
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าครรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.99 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



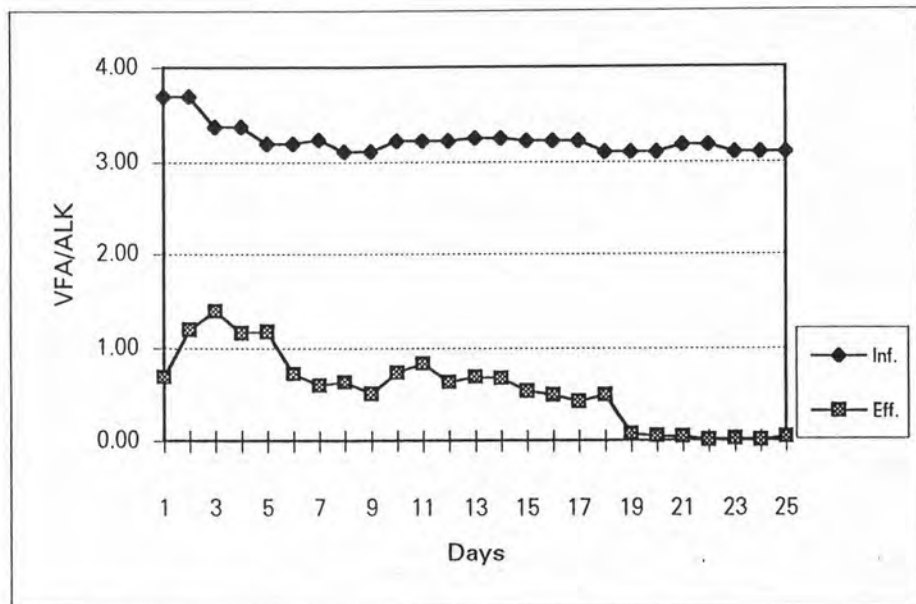
รูปที่ ค. 22 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



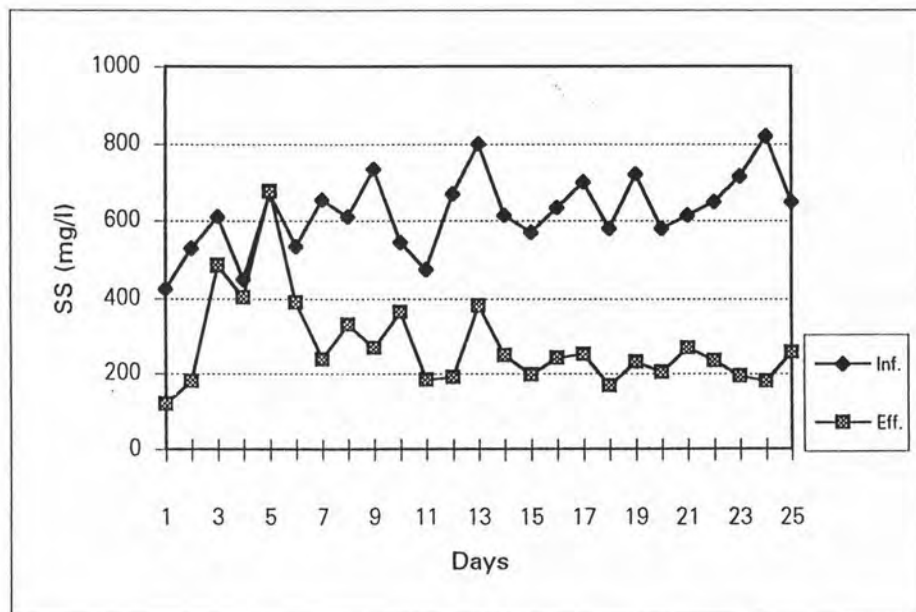
รูปที่ ค. 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



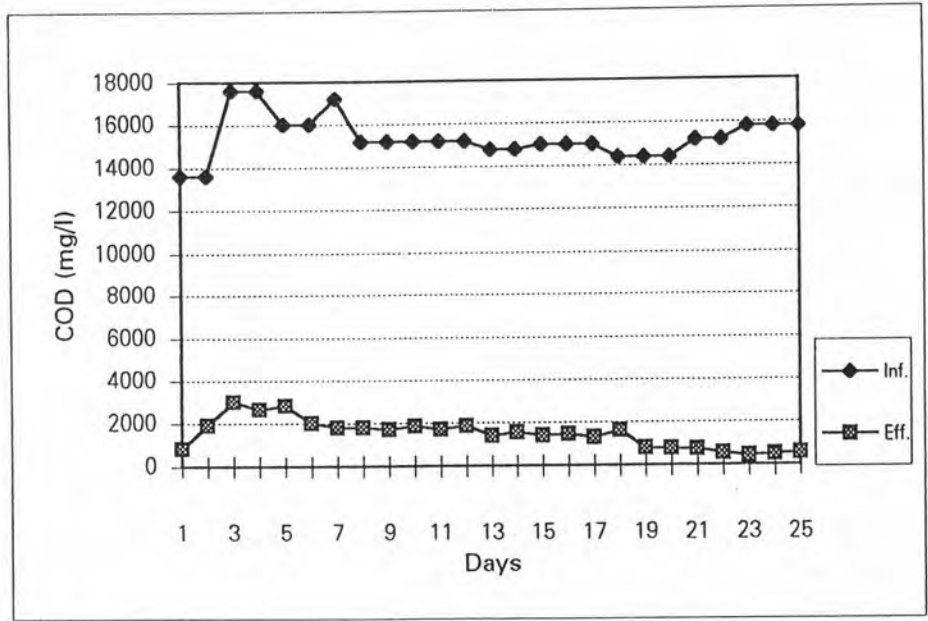
รูปที่ ค. 24 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



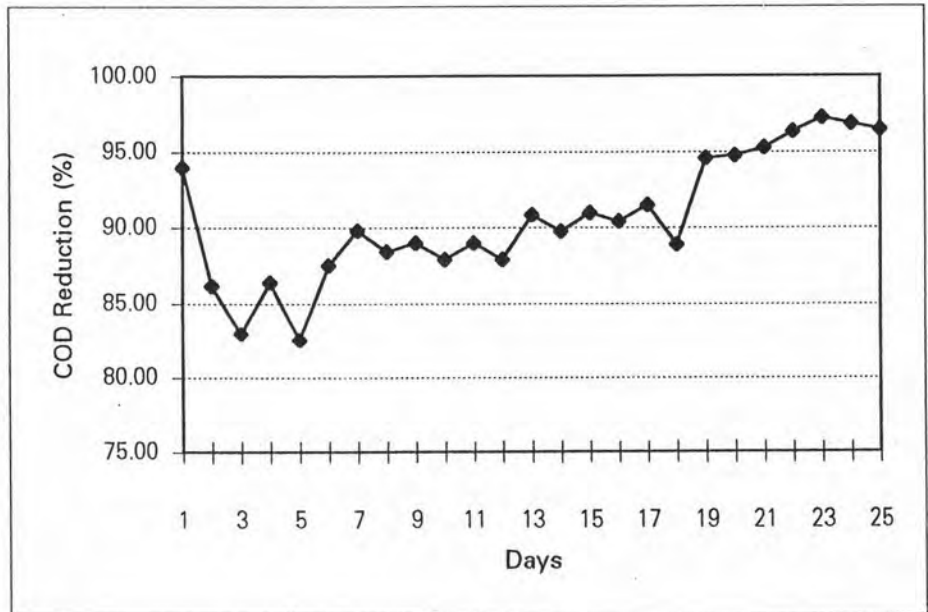
รูปที่ ค. 25 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



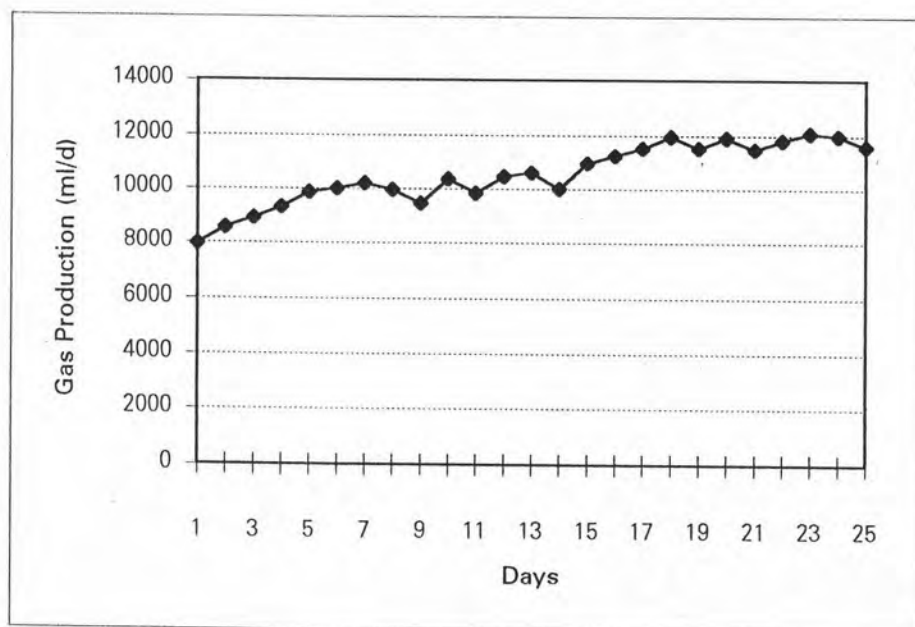
รูปที่ ค. 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



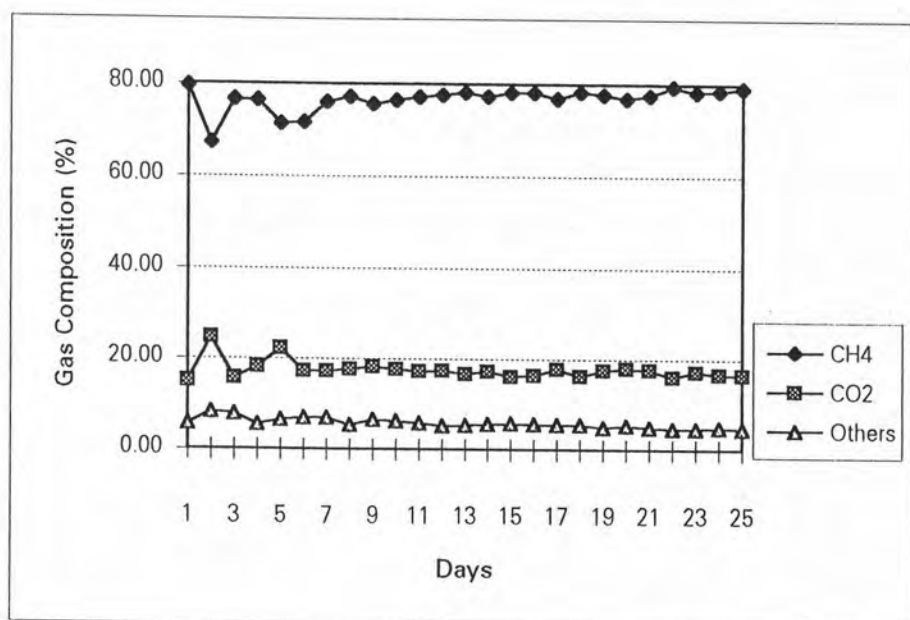
รูปที่ ค. 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



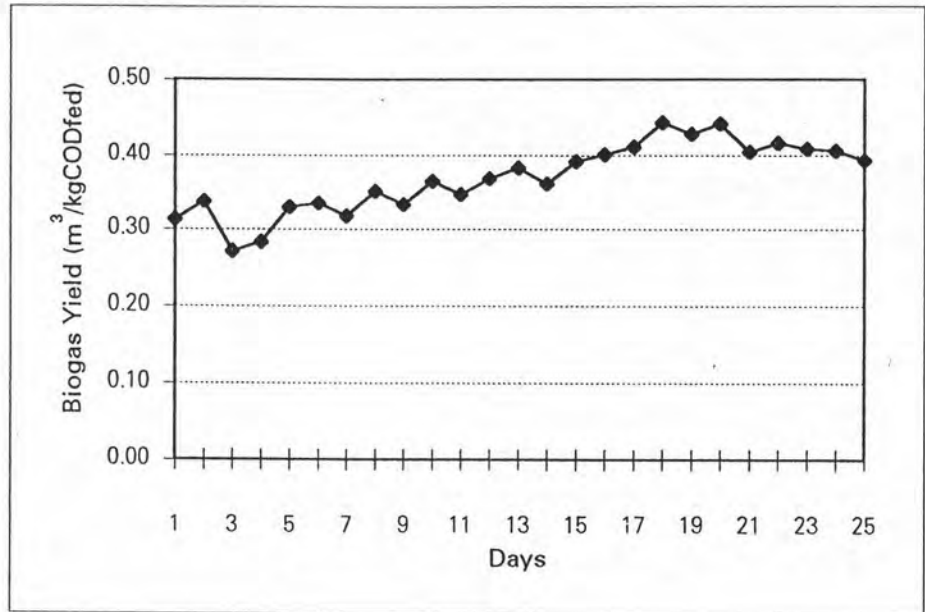
รูปที่ ค. 28 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์



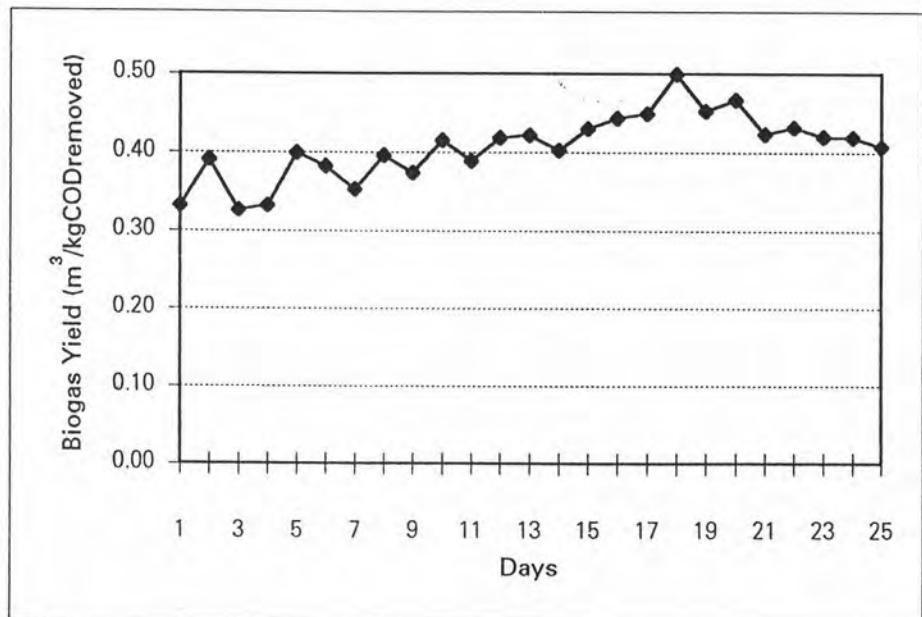
รูปที่ ค. 29 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



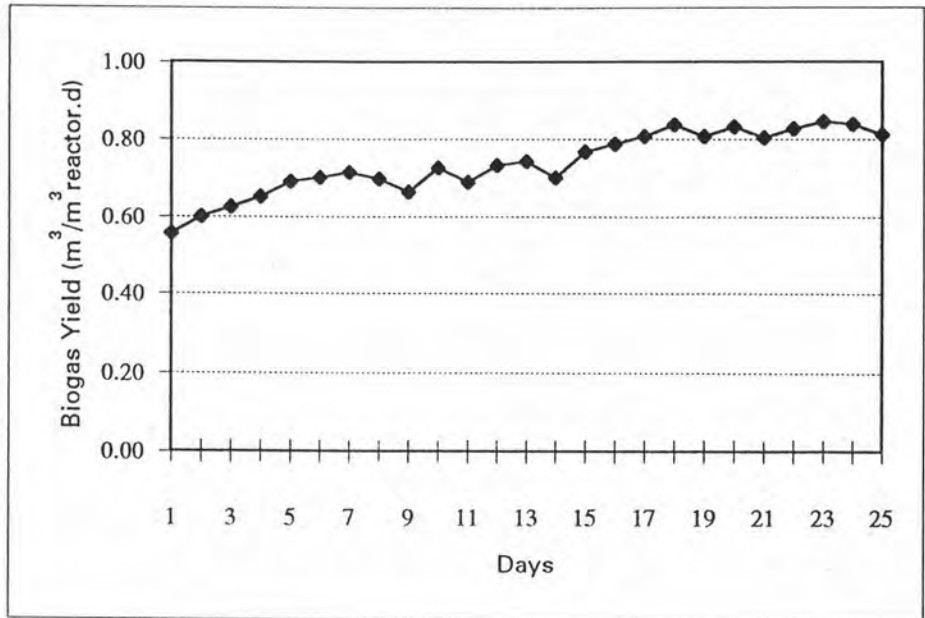
รูปที่ ค. 30 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



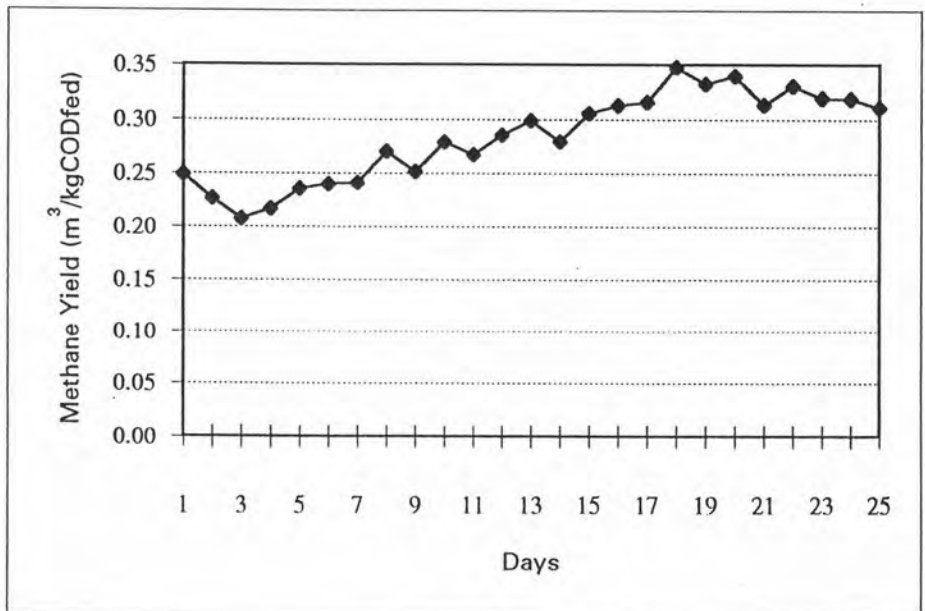
รูปที่ ค. 31 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบ



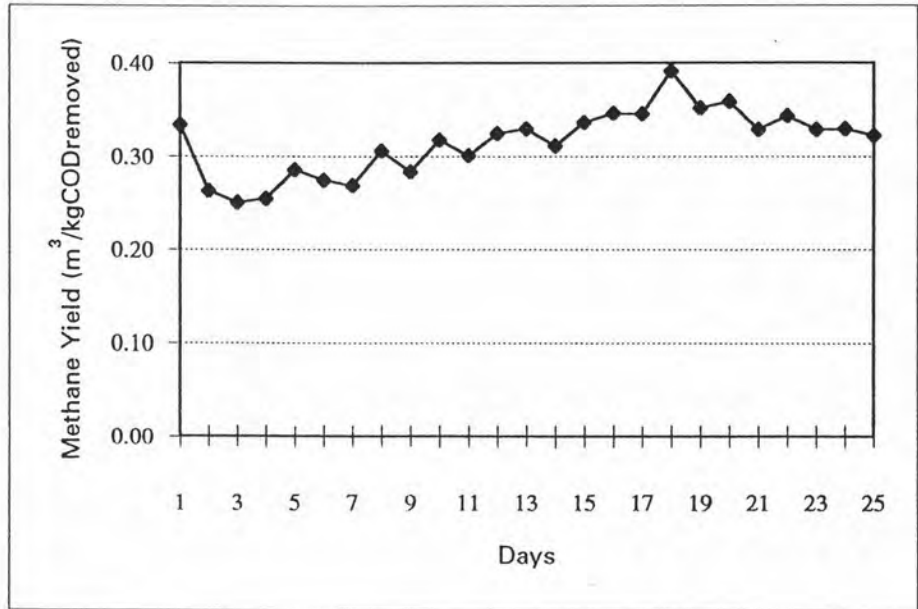
รูปที่ ค. 32 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



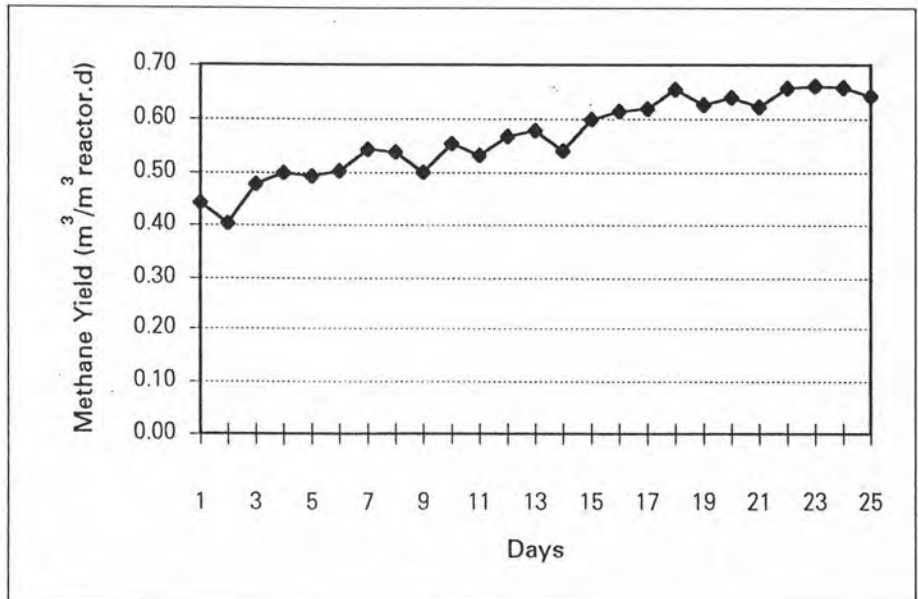
รูปที่ ค. 33 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก



รูปที่ ค. 34 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 35 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 36 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาตรของถังหมัก

ตารางที่ ค. 4 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าการรบกวนต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 4.26 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (Kg COD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	1.87	7.65	3.77	28800	760	5.46	7.62	3698	75	1130	575	3.27	0.13
2	1.87	7.65	3.77	28800	1200	5.46	7.35	3698	155	1130	620	3.27	0.25
3	1.87	7.65	3.77	28800	1400	5.46	7.71	3698	135	1130	565	3.27	0.24
4	1.87	7.65	4.50	34400	1280	5.42	7.62	3900	70	1145	480	3.41	0.15
5	1.87	7.65	4.50	34400	1640	5.42	7.78	3900	60	1145	440	3.41	0.14
6	1.87	7.65	4.50	34400	1560	5.42	7.66	3900	35	1145	380	3.41	0.09
7	1.87	7.65	4.60	35200	760	5.42	7.76	3953	25	1225	385	3.23	0.06
8	1.87	7.65	4.60	35200	920	5.42	7.68	3953	45	1225	470	3.23	0.10
9	1.87	7.65	4.34	33200	780	5.09	7.81	3795	35	970	500	3.91	0.07
10	1.87	7.65	4.34	33200	880	5.09	7.70	3795	45	970	635	3.91	0.07
11	1.87	7.65	4.45	34000	704	5.09	7.70	4005	40	965	555	4.15	0.07
12	1.87	7.65	4.39	33600	800	5.08	7.81	3735	15	950	390	3.93	0.04
13	1.87	7.65	4.39	33600	800	5.08	7.81	3735	20	950	495	3.93	0.04
14	1.87	7.65	4.49	34320	770	5.05	7.71	3788	25	925	470	4.10	0.05
15	1.87	7.65	4.49	34320	858	5.05	7.73	3788	30	925	780	4.10	0.04
16	1.87	7.65	4.14	31680	616	5.08	7.74	3488	35	960	615	3.63	0.06
17	1.87	7.65	4.14	31680	792	5.08	7.66	3488	55	960	770	3.63	0.07
18	1.87	7.65	4.03	30800	814	5.10	7.62	3915	55	990	630	3.95	0.09
19	1.87	7.65	4.32	33000	880	5.05	7.86	3975	65	955	795	4.16	0.08
20	1.87	7.65	4.32	33000	900	5.05	7.68	3975	60	955	650	4.16	0.09
21	1.87	7.65	4.39	33600	874	5.07	7.84	3953	60	940	690	4.21	0.09

ตารางที่ ค. 4 (ต่อ)

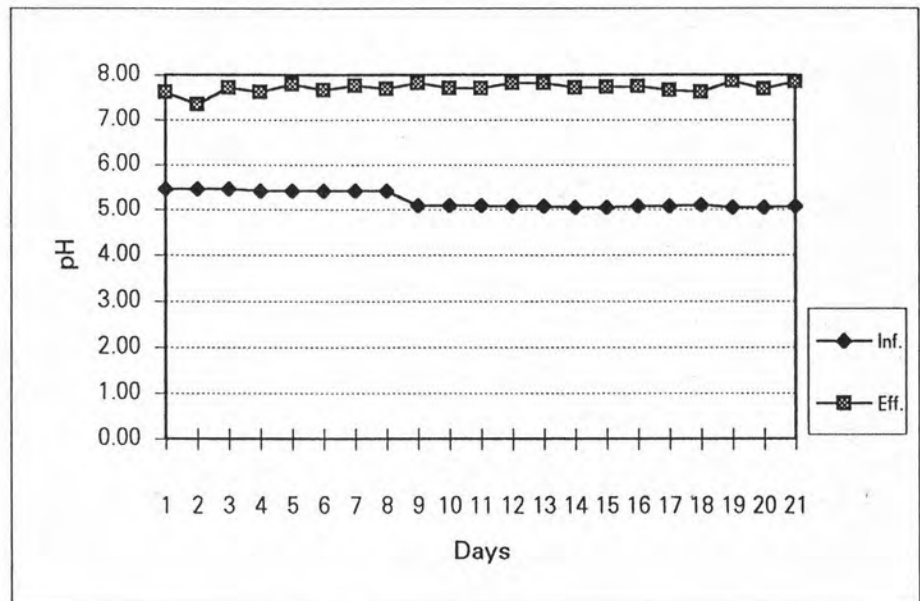
วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	965	110	97.36	15470	74.17	18.53	7.30
2	890	350	95.83	15742	72.78	22.60	4.62
3	975	185	95.14	16575	68.42	24.79	6.79
4	1000	440	96.28	17085	66.41	22.48	11.11
5	895	95	95.23	17238	67.14	21.01	11.85
6	1040	115	95.47	18445	66.93	20.48	12.59
7	940	110	97.84	19142	67.34	20.19	12.47
8	1025	150	97.39	20230	65.02	19.77	15.21
9	895	95	97.65	21216	67.15	19.31	13.54
10	900	115	97.35	21879	66.34	19.18	14.48
11	875	85	97.93	22406	67.85	19.52	12.63
12	965	165	97.62	23324	67.93	20.16	11.91
13	1030	90	97.62	24412	66.98	21.01	12.01
14	915	140	97.76	25245	67.83	20.94	11.23
15	955	260	97.50	26027	68.68	19.72	11.60
16	1025	175	98.06	26214	66.16	20.71	13.13
17	905	150	97.50	26163	66.31	20.85	12.84
18	905	200	97.36	26316	68.69	19.51	12.16
19	950	210	97.33	26180	67.92	19.69	12.35
20	975	115	97.27	26452	67.02	19.60	13.38
21	1050	145	97.40	26605	67.73	19.55	12.72

ตารางที่ ค. 4 (ต่อ)

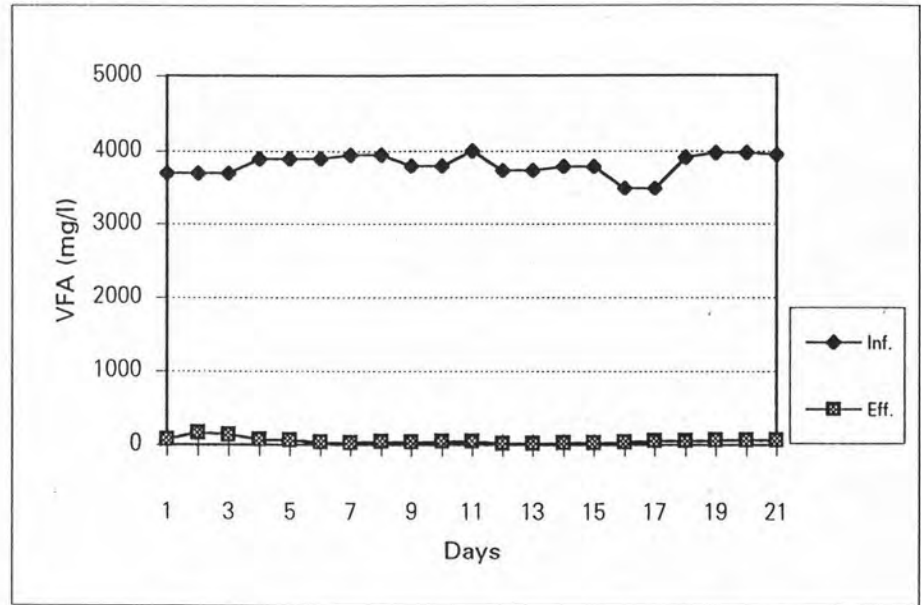
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.2872	0.2950	1.0818	0.2131	0.2188	0.8024
2	0.2923	0.3060	1.1008	0.2127	0.2220	0.8012
3	0.3078	0.3235	1.1591	0.2106	0.2213	0.7931
4	0.2656	0.2759	1.1948	0.1764	0.1832	0.7934
5	0.2680	0.2814	1.2055	0.1799	0.1889	0.8093
6	0.2867	0.3004	1.2899	0.1919	0.2010	0.8633
7	0.2908	0.2972	1.3386	0.1958	0.2002	0.9014
8	0.3073	0.3156	1.4147	0.1998	0.2052	0.9198
9	0.3417	0.3500	1.4836	0.2295	0.2350	0.9963
10	0.3524	0.3620	1.5300	0.2338	0.2402	1.0150
11	0.3524	0.3599	1.5669	0.2391	0.2442	1.0631
12	0.3712	0.3803	1.6310	0.2522	0.2583	1.1080
13	0.3885	0.3980	1.7071	0.2602	0.2666	1.1434
14	0.3934	0.4024	1.7654	0.2668	0.2729	1.1975
15	0.4055	0.4159	1.8201	0.2785	0.2857	1.2500
16	0.4425	0.4513	1.8331	0.2928	0.2986	1.2128
17	0.4416	0.4530	1.8296	0.2928	0.3004	1.2132
18	0.4569	0.4693	1.8403	0.3138	0.3224	1.2641
19	0.4242	0.4359	1.8308	0.2881	0.2960	1.2435
20	0.4287	0.4407	1.8498	0.2873	0.2953	1.2397
21	0.4234	0.4347	1.8605	0.2868	0.2944	1.2601

Unit 1 = m³/kgCODfedUnit 2 = m³/kgCODremovedUnit 3 = m³/m³ reactor.d

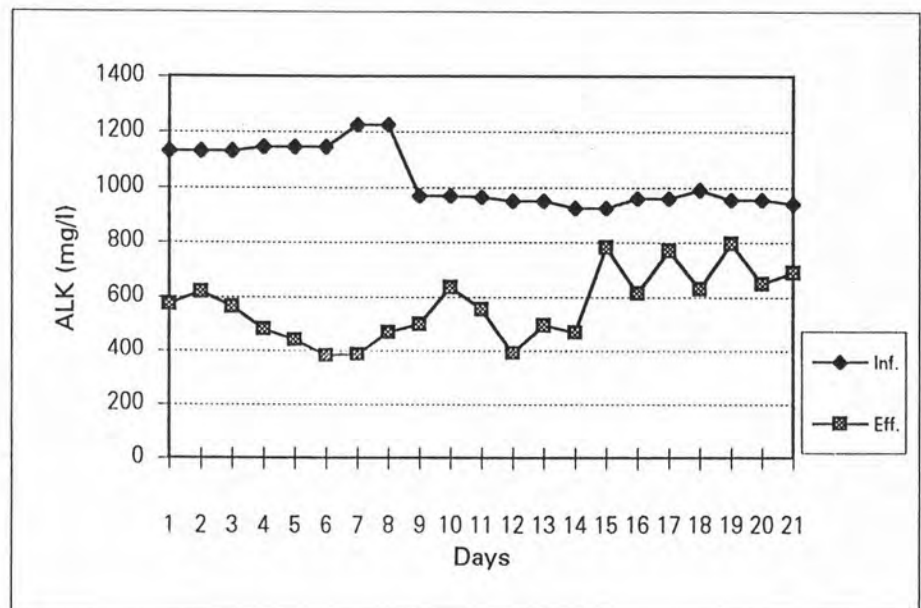
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 4.26 กิโลกรัมชีไอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



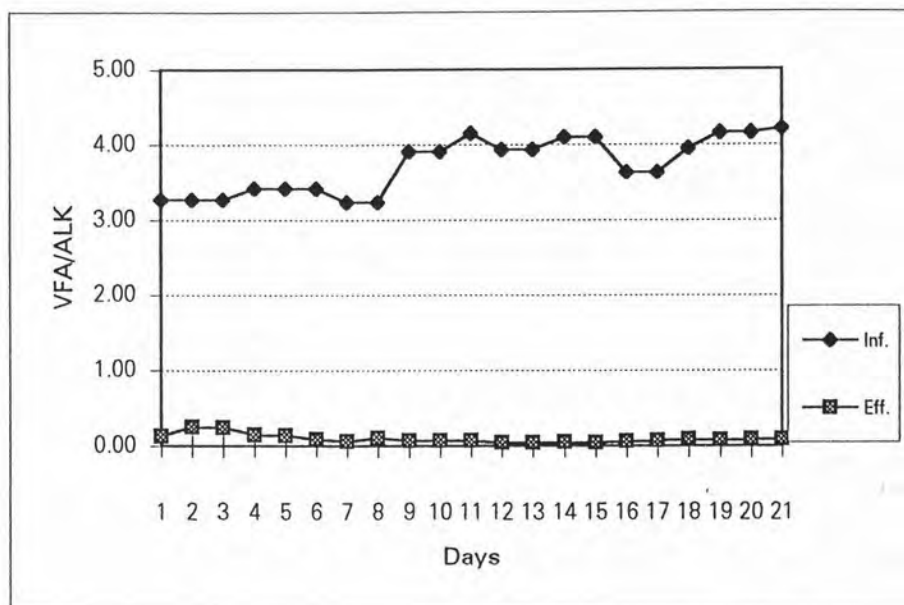
รูปที่ ค. 37 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



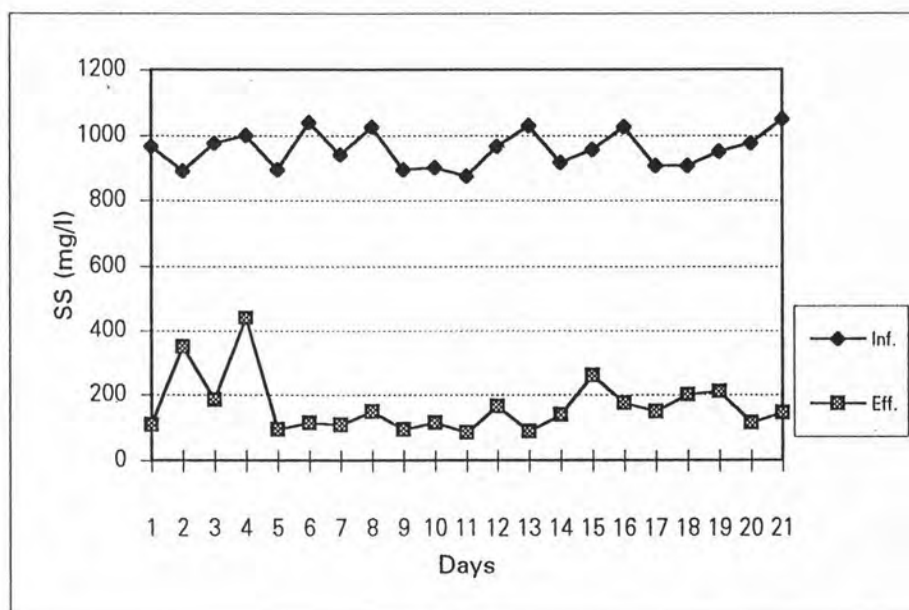
รูปที่ ค. 38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



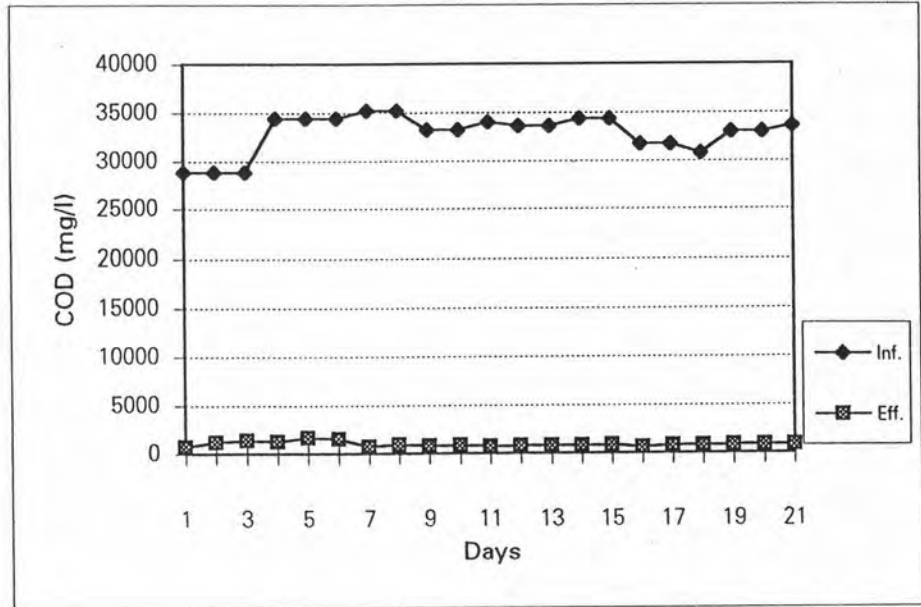
รูปที่ ค. 39 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



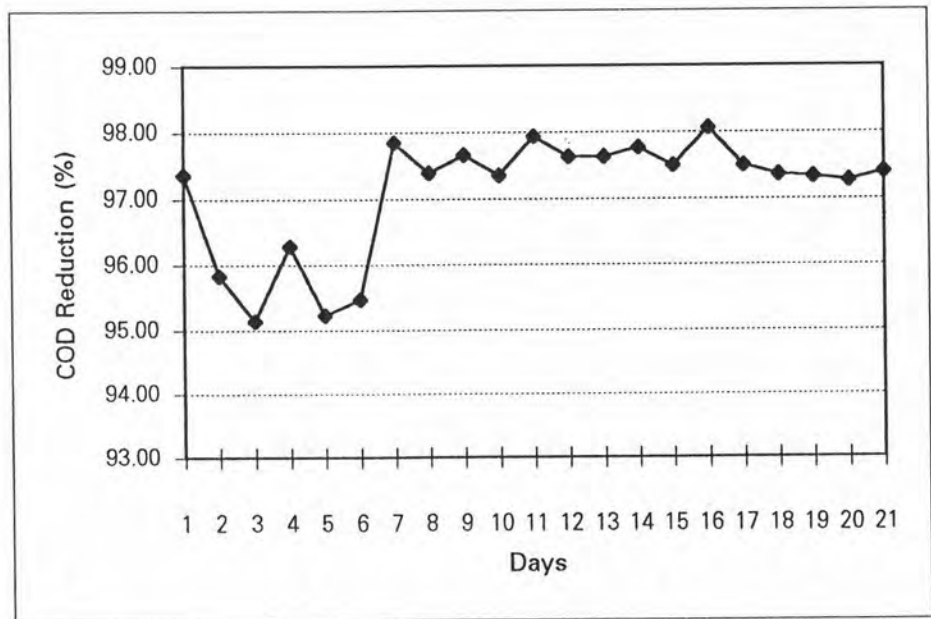
รูปที่ ค. 40 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



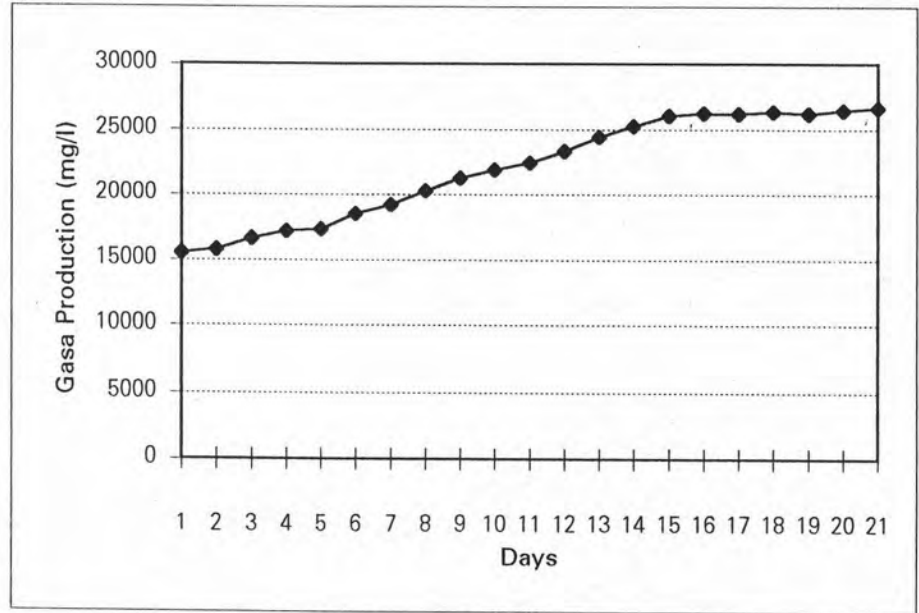
รูปที่ ค. 41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



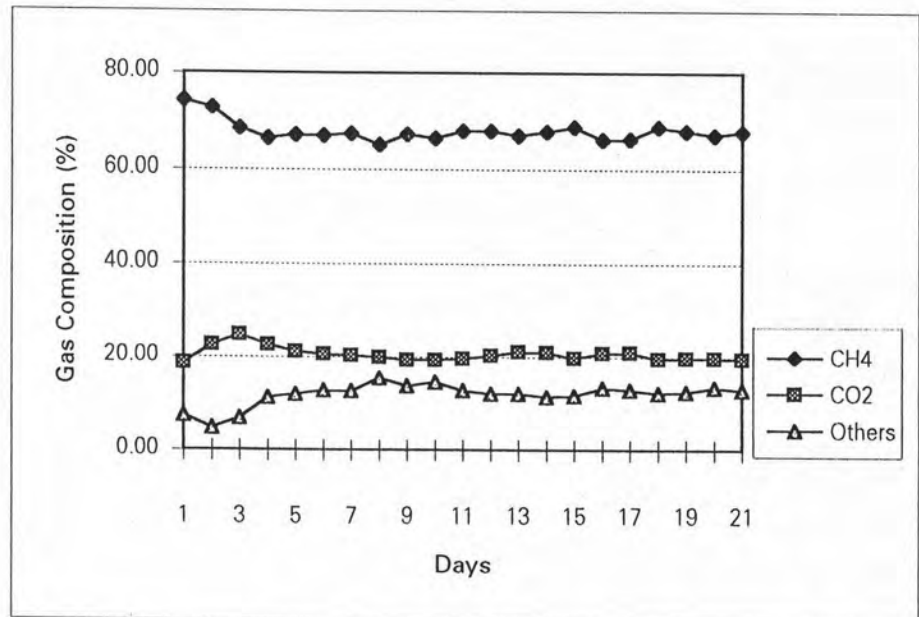
รูปที่ ค. 42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



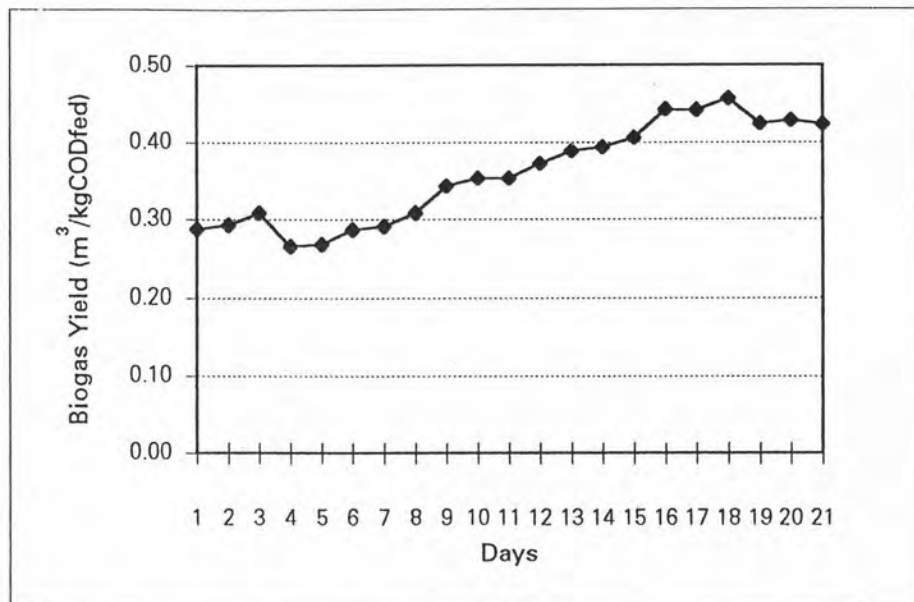
รูปที่ ค. 43 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์



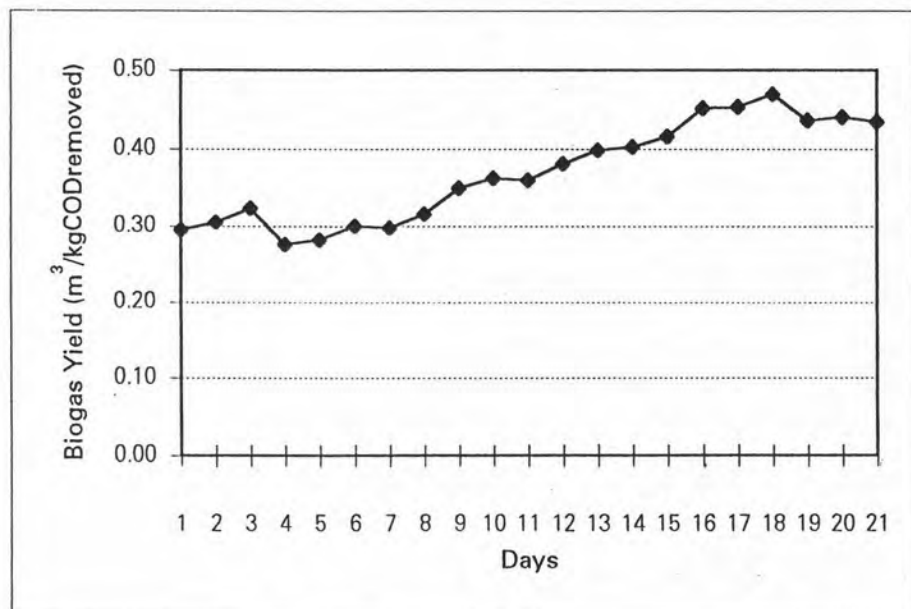
รูปที่ ค. 44 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



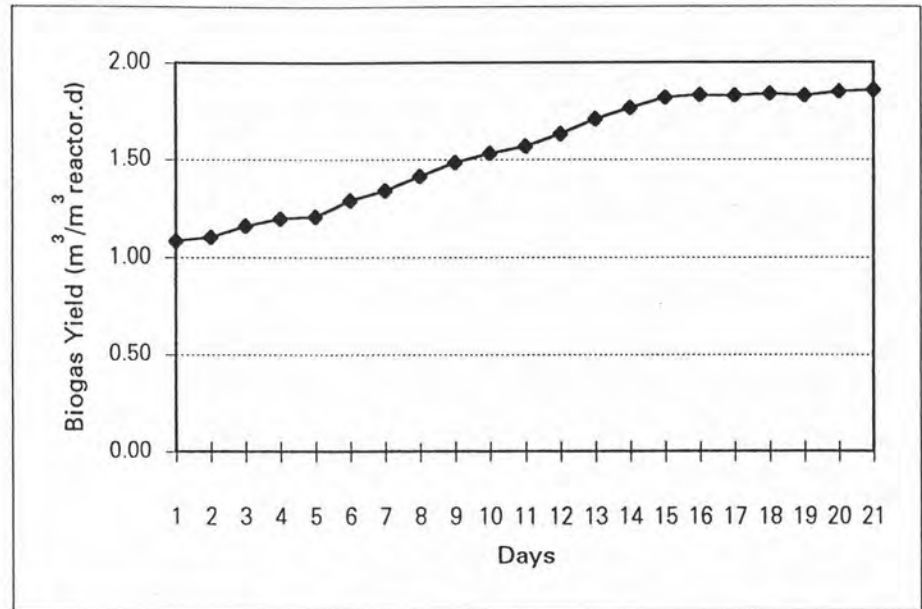
รูปที่ ค. 45 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



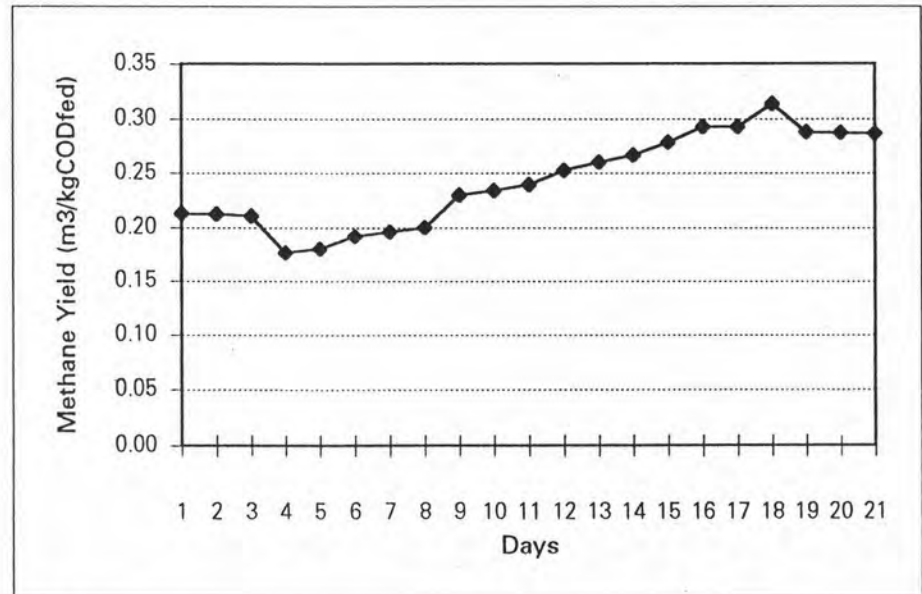
รูปที่ ค. 46 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



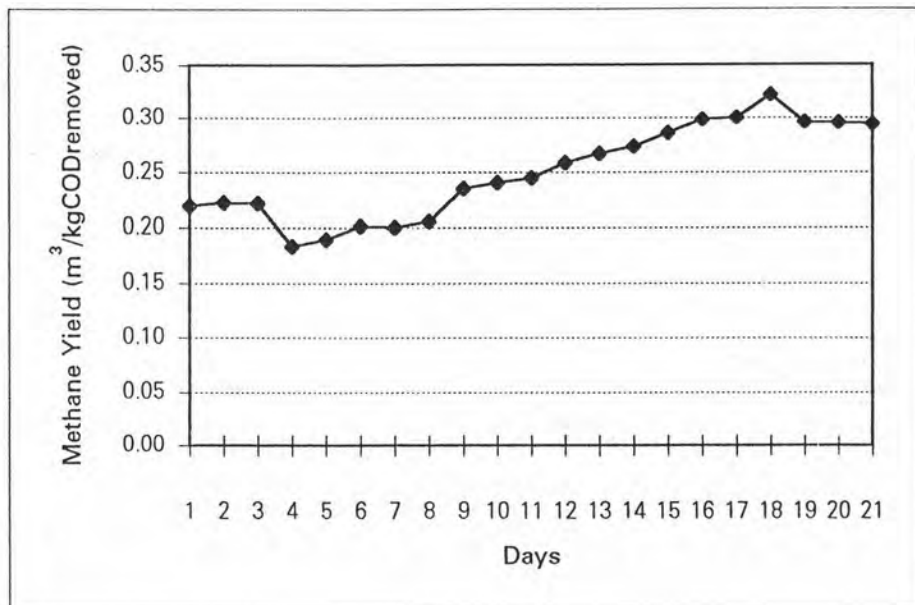
รูปที่ ค. 47 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



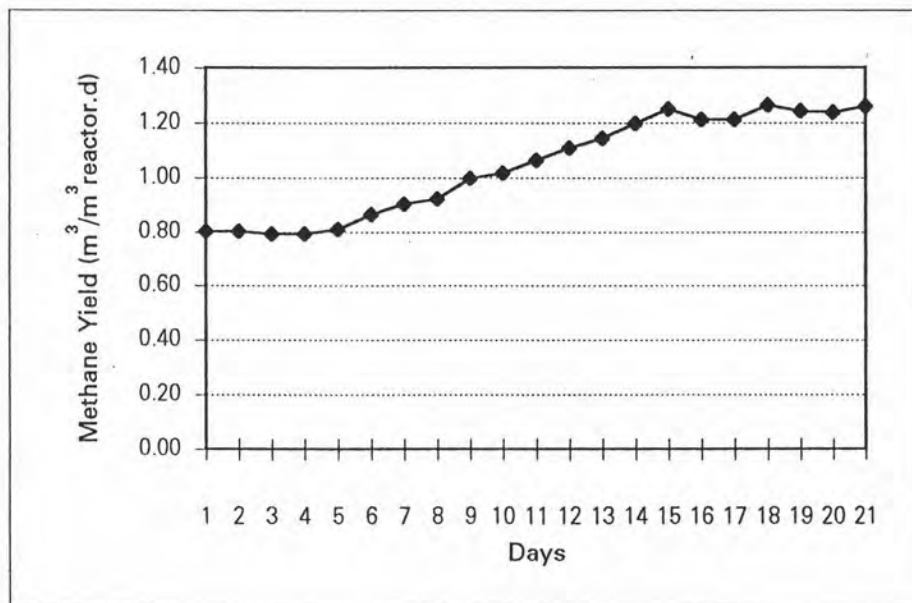
รูปที่ ค. 48 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก



รูปที่ ค. 49 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 50 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 51 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาตรของถังหมัก

ตารางที่ ค. 5 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าคาร์บอนที่ต่างกันในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.61 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกปาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	2.02	7.08	5.72	40480	1210	4.90	7.80	4845	145	1110	540	4.36	0.27
2	2.16	6.62	5.31	35200	1360	7.91	7.73	5085	385	1135	890	4.48	0.43
3	2.16	6.62	5.80	38400	960	4.91	7.42	4928	355	1120	610	4.40	0.58
4	2.16	6.62	6.04	40000	2140	4.90	7.60	5055	295	1130	790	4.47	0.37
5	2.16	6.62	6.04	40000	1440	4.90	7.48	5055	300	1130	695	4.47	0.43
6	2.16	6.62	6.04	40000	1480	4.91	7.49	5163	300	1145	645	4.50	0.47
7	2.16	6.62	5.80	38400	1760	4.93	7.50	4860	250	1120	620	4.34	0.40
8	2.16	6.62	5.56	36800	3200	4.85	7.43	4830	265	1050	910	4.60	0.29
9	2.16	6.62	5.56	36800	3040	4.85	7.51	4830	225	1050	1075	4.60	0.21
10	2.16	6.62	5.56	36800	3040	4.89	7.49	4875	180	1035	1025	4.71	0.18
11	2.16	6.62	5.80	38400	3360	4.87	7.26	4860	195	1030	920	4.72	0.21
12	2.16	6.62	6.04	40000	2480	4.85	7.59	4875	160	1050	840	4.64	0.19
13	2.16	6.62	6.65	44000	3600	4.59	7.51	6090	175	1045	1090	5.83	0.16
14	2.16	6.62	6.40	42400	4320	4.60	7.47	6145	145	1050	1270	5.85	0.11
15	2.16	6.62	6.40	42400	3200	4.58	7.65	6120	155	1035	1245	5.91	0.12
16	2.16	6.62	6.53	43200	3040	4.58	7.68	6000	160	1005	1360	5.97	0.12
17	2.16	6.62	6.53	43200	2510	4.61	7.49	6248	140	1075	1360	5.81	0.10
18	2.16	6.62	6.77	44800	2320	4.60	7.62	5985	130	1000	1520	5.99	0.09
19	2.16	6.62	6.77	44800	3280	4.60	7.69	6030	125	1065	1410	5.66	0.09
20	2.16	6.62	6.77	44800	2880	4.60	7.70	6075	125	1045	1410	5.81	0.09
21	2.16	6.62	6.53	43200	2400	4.61	7.73	6233	100	1120	1390	5.56	0.07

ตารางที่ ค. 5 (ต่อ)

วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	1335	2000	97.36	28526	60.17	22.00	17.83
2	1425	1360	95.83	29682	61.50	20.07	18.43
3	1320	1315	95.14	29308	62.83	24.12	12.95
4	1275	7050	96.28	30005	66.34	23.35	10.31
5	1185	515	95.23	31110	63.79	26.07	10.14
6	1240	420	95.47	30872	65.77	23.47	10.85
7	1375	585	97.84	32725	63.18	22.83	13.99
8	1405	985	97.39	33626	62.56	22.09	15.35
9	1165	2980	97.65	34765	61.82	22.56	15.62
10	1415	1610	97.35	38641	67.10	22.77	10.13
11	1135	415	97.93	38454	61.33	22.90	15.77
12	1030	820	97.62	41616	65.59	23.04	11.37
13	2210	1000	97.62	42602	67.68	23.16	9.16
14	2100	1480	97.76	43452	69.77	21.94	8.29
15	2100	1910	97.50	46019	63.93	20.09	16.01
16	2230	4080	98.06	46104	65.70	20.63	13.67
17	2030	1220	97.50	45050	68.25	21.17	10.58
18	2140	1810	97.36	44693	69.36	21.12	9.52
19	2180	5490	97.33	44829	69.49	21.08	9.43
20	2080	2970	97.27	44183	69.73	21.14	9.13
21	2245	1710	97.40	44455	68.44	21.70	9.86

ตารางที่ ค. 5 (ต่อ)

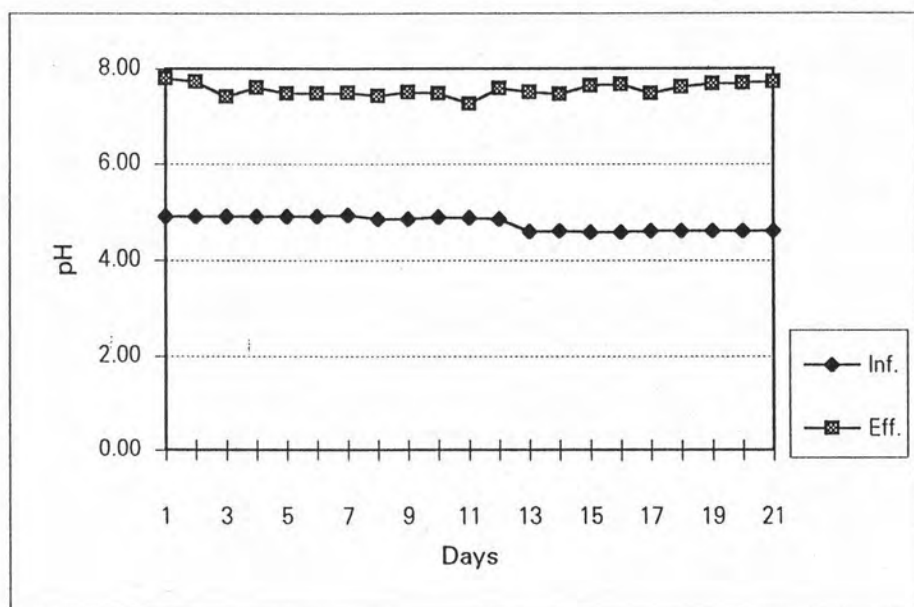
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.3489	0.3596	1.9948	0.2099	0.2164	1.2003
2	0.3904	0.4061	2.0757	0.2401	0.2497	1.2765
3	0.3533	0.3624	2.0495	0.2220	0.2277	1.2877
4	0.3473	0.3669	2.0983	0.2304	0.2434	1.3920
5	0.3601	0.3735	2.1755	0.2297	0.2383	1.3878
6	0.3573	0.3710	2.1589	0.2350	0.2440	1.4199
7	0.3945	0.4135	2.2885	0.2493	0.2612	1.4459
8	0.4230	0.4633	2.3515	0.2646	0.2899	1.4711
9	0.4374	0.4767	2.4311	0.2704	0.2947	1.5029
10	0.4861	0.5299	2.7022	0.3262	0.3556	1.8132
11	0.4636	0.5081	2.6891	0.2843	0.3116	1.6492
12	0.4817	0.5135	2.9102	0.3159	0.3368	1.9088
13	0.4483	0.4882	2.9792	0.3034	0.3304	2.0163
14	0.4744	0.5283	3.0386	0.3310	0.3686	2.1200
15	0.5025	0.5435	3.2181	0.3212	0.3475	2.0573
16	0.4941	0.5315	3.2241	0.3246	0.3492	2.1182
17	0.4828	0.5126	3.1503	0.3295	0.3498	2.1501
18	0.4619	0.4871	3.1254	0.3203	0.3378	2.1678
19	0.4633	0.4999	3.1349	0.3219	0.3474	2.1784
20	0.4566	0.4880	3.0897	0.3184	0.3403	2.1545
21	0.4764	0.5044	3.1087	0.3261	0.3452	2.1276

Unit 1 = m³/kgCODfed

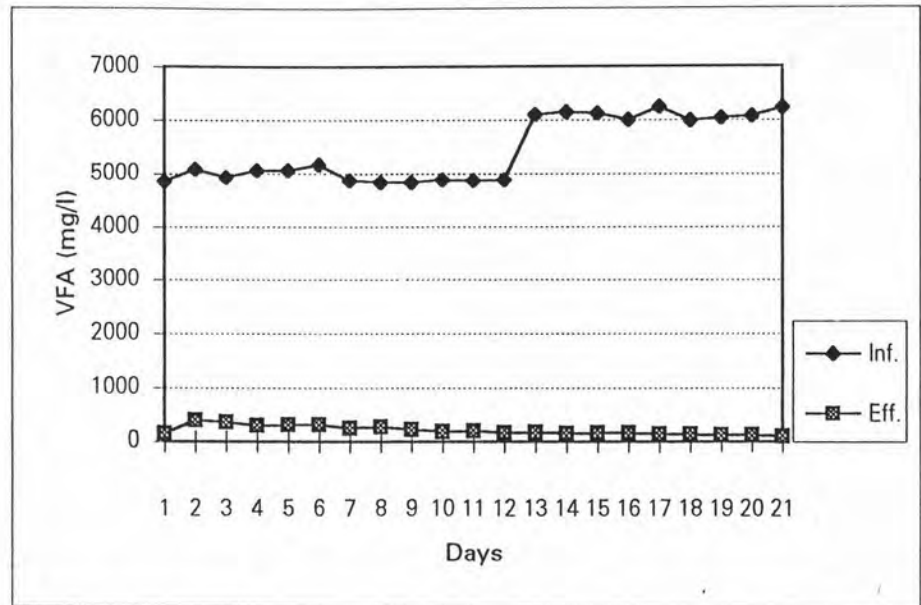
Unit 2 = m³/kgCODremoved

Unit 3 = m³/m³ reactor.d

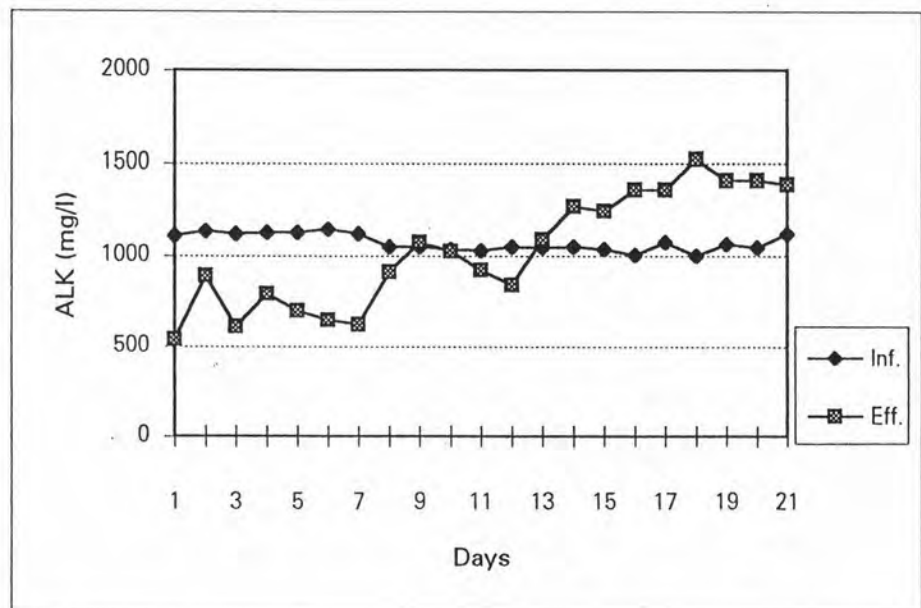
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.61 กิโลกรัมซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



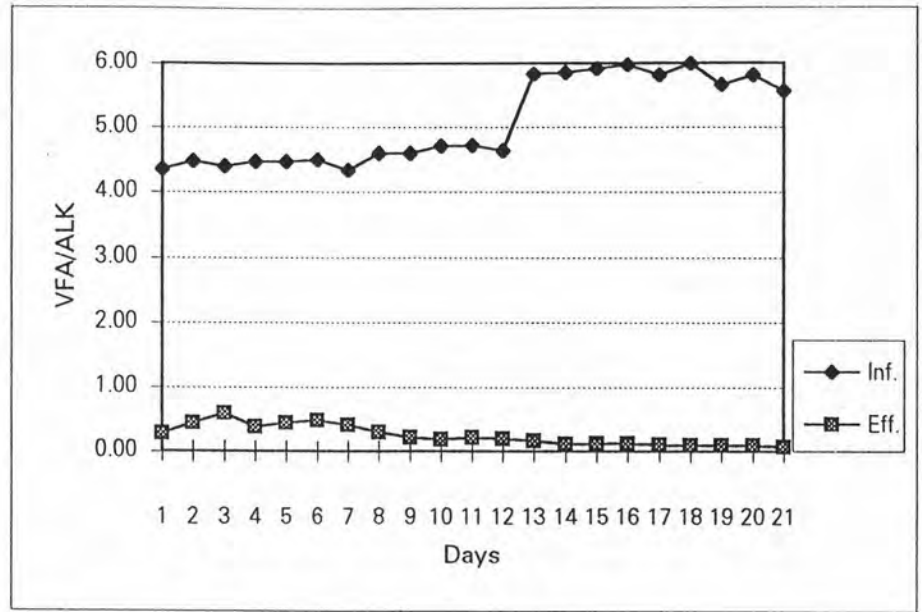
รูปที่ ค. 52 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



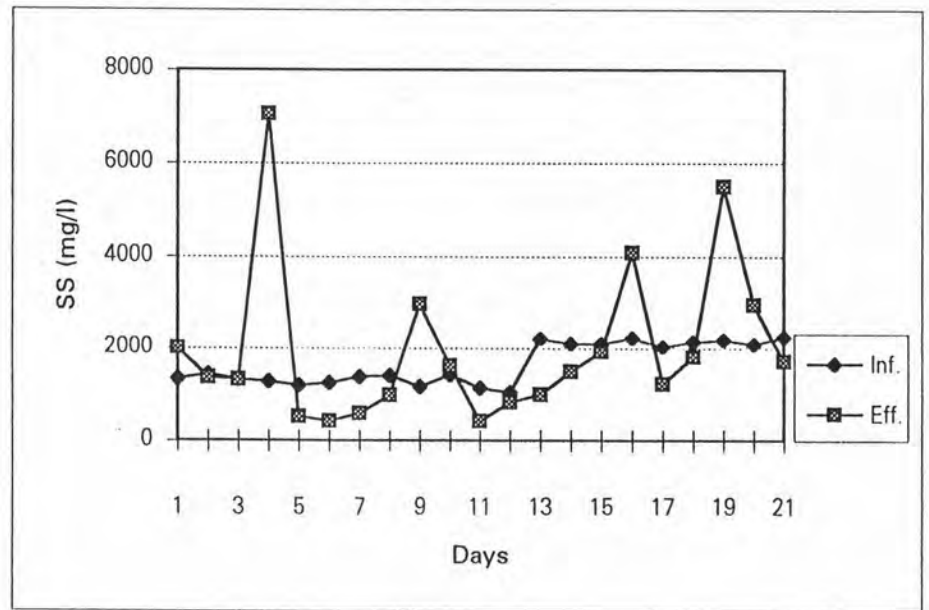
รูปที่ ค. 53 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



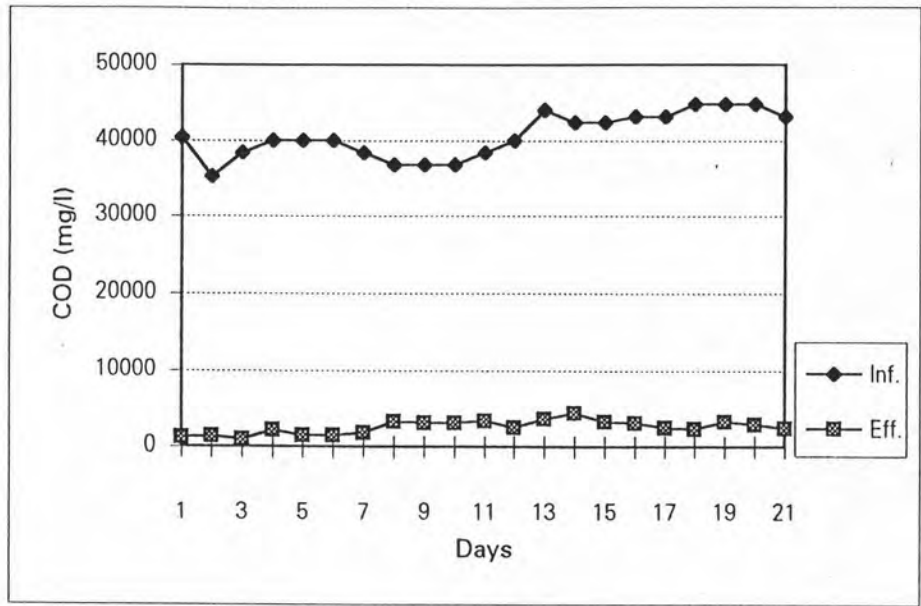
รูปที่ ค. 54 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



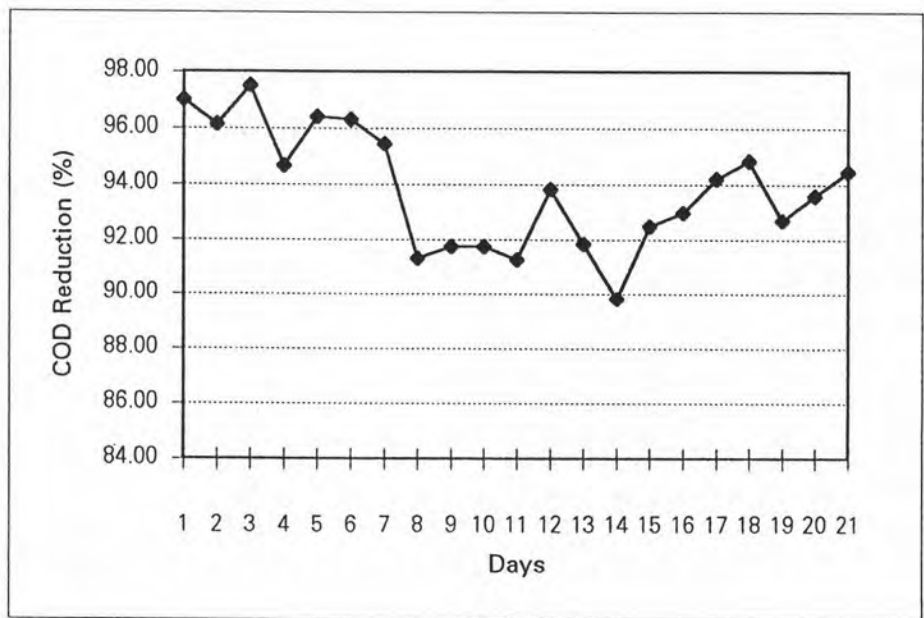
รูปที่ ค. 55 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



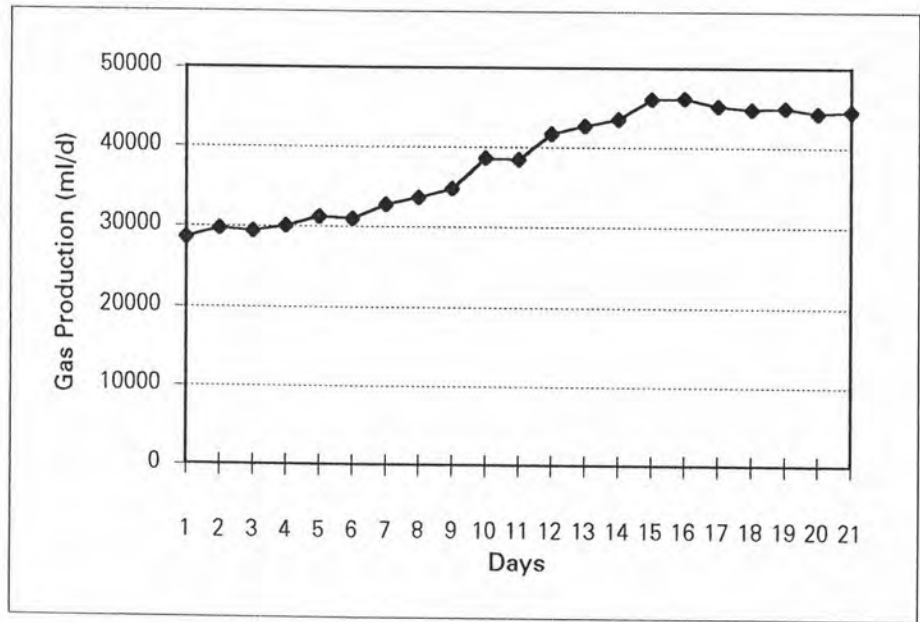
รูปที่ ค. 56 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



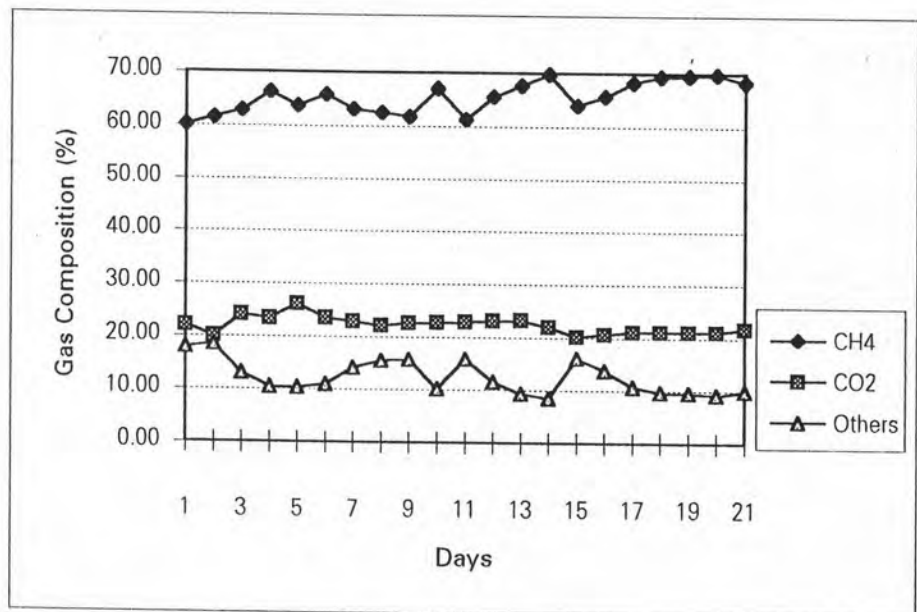
รูปที่ ค. 57 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



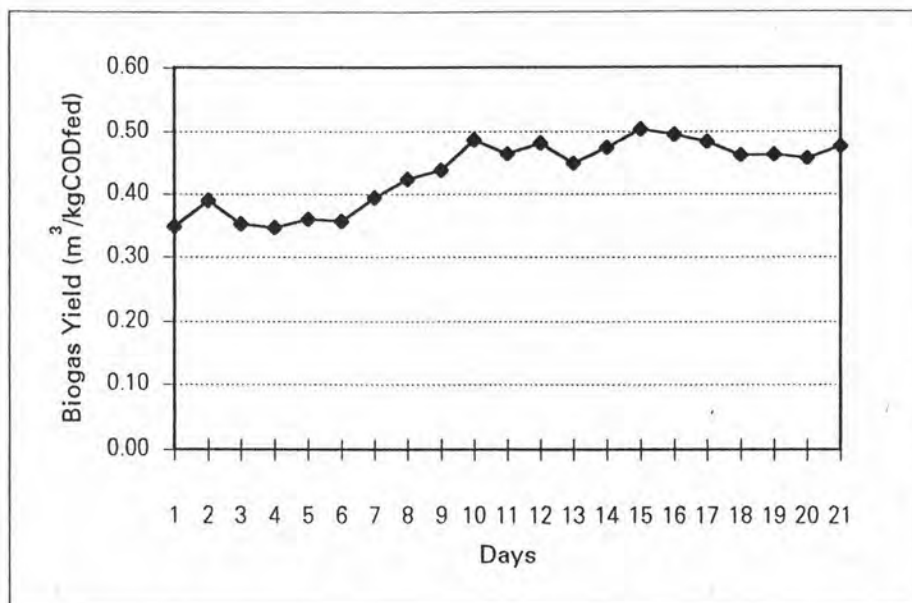
รูปที่ ค. 58 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์



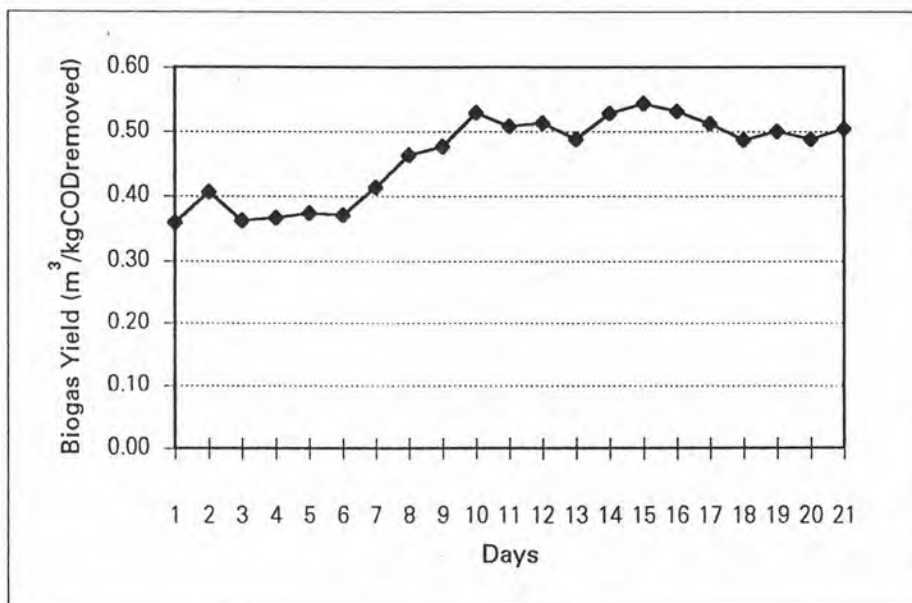
รูปที่ ค. 59 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



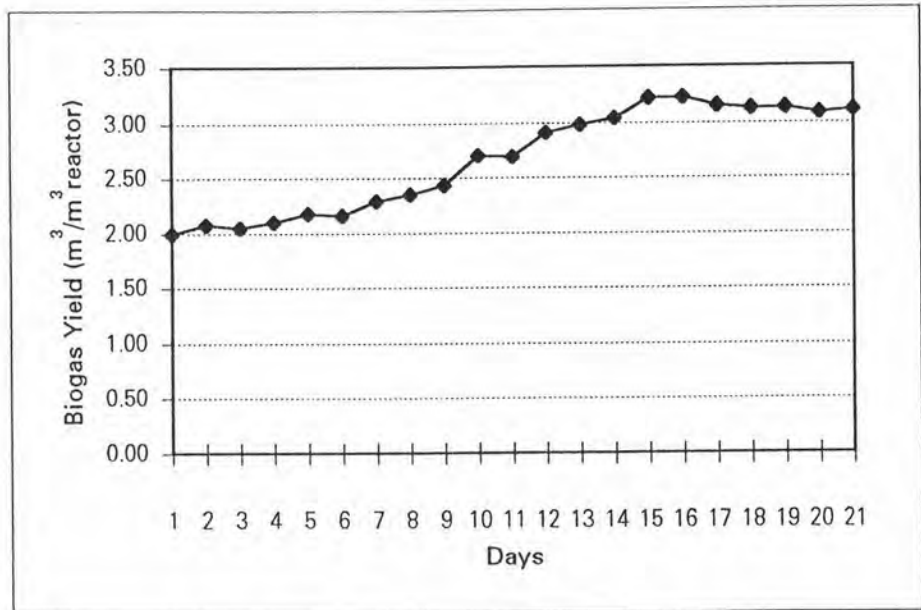
รูปที่ ค. 60 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



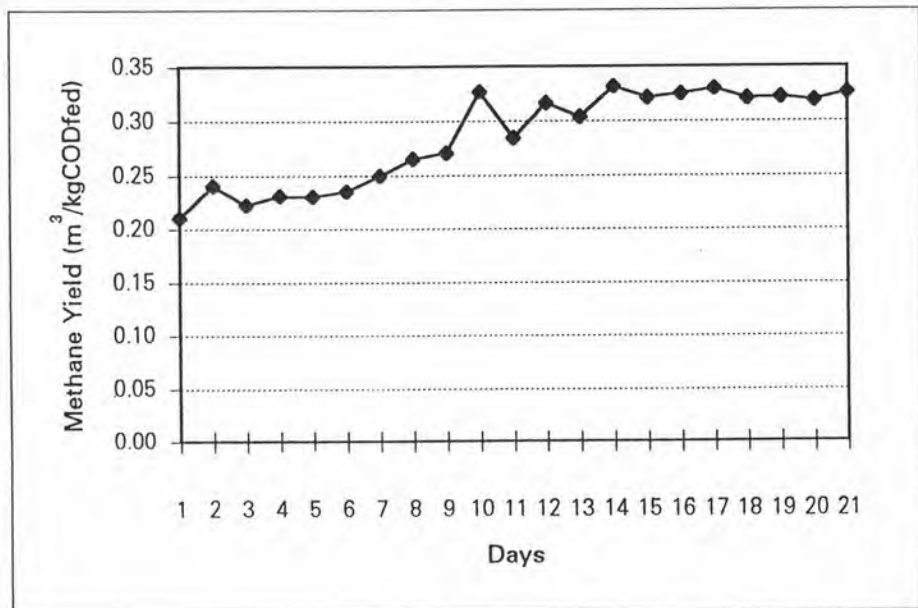
รูปที่ ค. 61 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



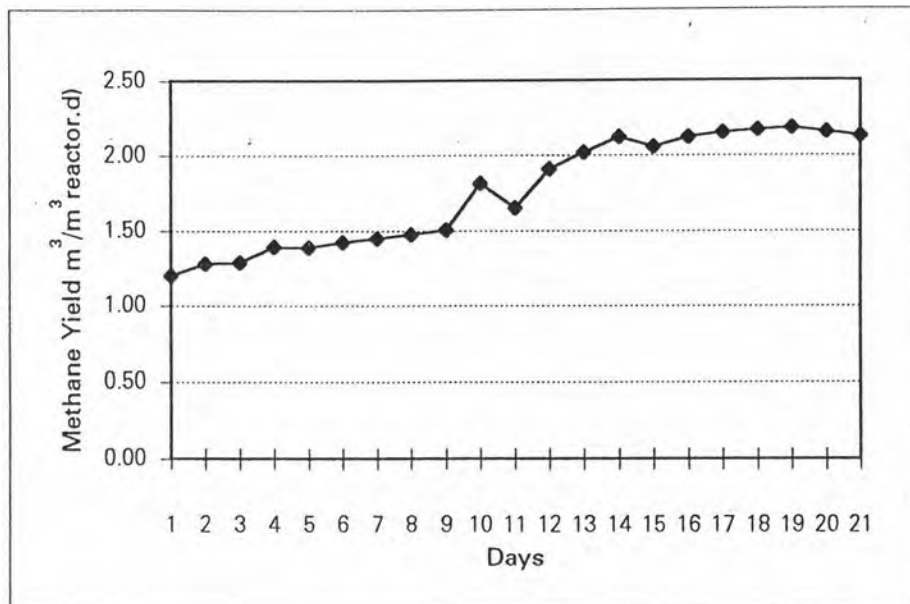
รูปที่ ค. 62 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



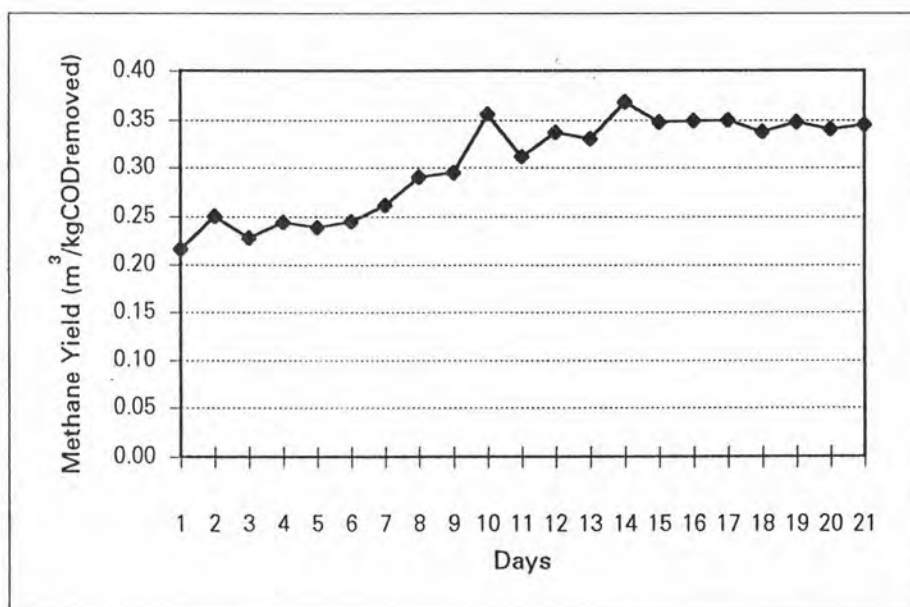
รูปที่ ค. 63 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก



รูปที่ ค. 64 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 65 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 66 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาตรของถังหมัก

ตารางที่ ค. 6 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าตัวแปรต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการบำบัด/ลูกบาศก์เมตร/วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (Kg COD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	2.16	6.62	7.98	52800	2720	4.56	7.41	7125	150	1200	1370	5.94	0.11
2	2.16	6.62	7.98	52800	2720	4.56	7.61	7170	140	1155	1280	6.21	0.11
3	2.45	5.84	9.59	56000	2720	4.56	7.58	6990	150	1160	1680	6.03	0.09
4	2.45	5.84	9.32	54400	4000	4.54	7.63	6840	130	1165	1190	5.87	0.11
5	2.45	5.84	9.05	52800	2960	4.55	7.59	7245	105	1165	1260	6.22	0.10
6	2.45	5.84	9.05	52800	2960	4.56	7.39	7050	125	1140	1430	6.18	0.09
7	2.45	5.84	9.32	54400	3600	4.55	7.63	6585	155	1160	1420	5.68	0.11
8	2.45	5.84	9.05	52800	4160	4.58	7.73	7215	130	1175	1380	6.14	0.09
9	2.45	5.84	9.05	52800	4320	4.58	7.76	7215	120	1175	1315	6.14	0.09
10	2.45	5.84	9.05	52800	3600	4.54	7.41	6990	130	1110	1350	6.30	0.10
11	2.45	5.84	8.50	49600	3600	4.58	7.36	7260	323	1210	1355	6.00	0.24
12	2.45	5.84	9.32	54400	3520	4.52	7.50	6600	170	1100	1300	6.00	0.13
13	2.45	5.84	9.32	54400	3840	4.57	7.57	6840	175	1195	1400	5.72	0.13
14	2.45	5.84	8.77	51200	3840	4.55	7.81	6495	140	1140	1265	5.70	0.11
15	2.45	5.84	9.05	52800	4240	4.58	7.75	6420	135	1110	1275	5.78	0.11
16	2.45	5.84	9.05	52800	3840	4.53	7.50	6210	110	1020	1380	6.09	0.08
17	2.45	5.84	8.50	49600	4160	4.60	7.63	6900	110	1230	1310	5.60	0.08
18	2.45	5.84	8.77	51200	3840	4.57	7.75	7028	120	1190	1495	5.91	0.08
19	2.45	5.84	9.32	54400	3760	4.51	7.67	6510	130	1035	1535	6.29	0.08
20	2.45	5.84	9.05	52800	3840	4.53	7.74	6870	120	1090	1470	6.30	0.08

ตารางที่ ค. 6 (ต่อ)

วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	2430	2710	94.85	47720	69.72	22.00	8.28
2	2520	2930	94.85	52637	69.40	22.04	8.56
3	2740	1570	95.14	56916	72.64	22.12	5.24
4	2050	2520	92.65	59823	69.44	22.48	8.08
5	2650	10600	94.39	59959	66.63	21.06	12.31
6	2680	21120	94.39	59075	68.47	21.02	10.51
7	2340	7840	93.38	59670	67.00	21.82	11.18
8	2190	8700	92.12	59772	67.16	21.64	11.20
9	2190	9100	91.82	58548	68.08	21.47	10.45
10	2460	6600	93.18	58786	68.34	22.00	9.66
11	2130	2680	92.74	58837	67.23	21.90	10.87
12	2770	2780	93.53	60231	67.13	22.08	10.79
13	2830	9980	92.94	59058	68.67	22.22	9.11
14	2940	7700	92.50	59534	66.69	22.21	11.10
15	2540	6000	91.97	58837	67.93	21.13	10.94
16	2250	1460	92.73	59398	65.80	21.48	12.72
17	2370	3333	91.61	59806	66.81	22.36	10.83
18	2200	6167	92.50	58735	66.79	21.65	11.56
19	2530	5430	93.09	58735	67.48	22.04	10.48
20	2150	6400	92.73	58701	66.60	22.15	11.25

ตารางที่ ค. 6 (ต่อ)

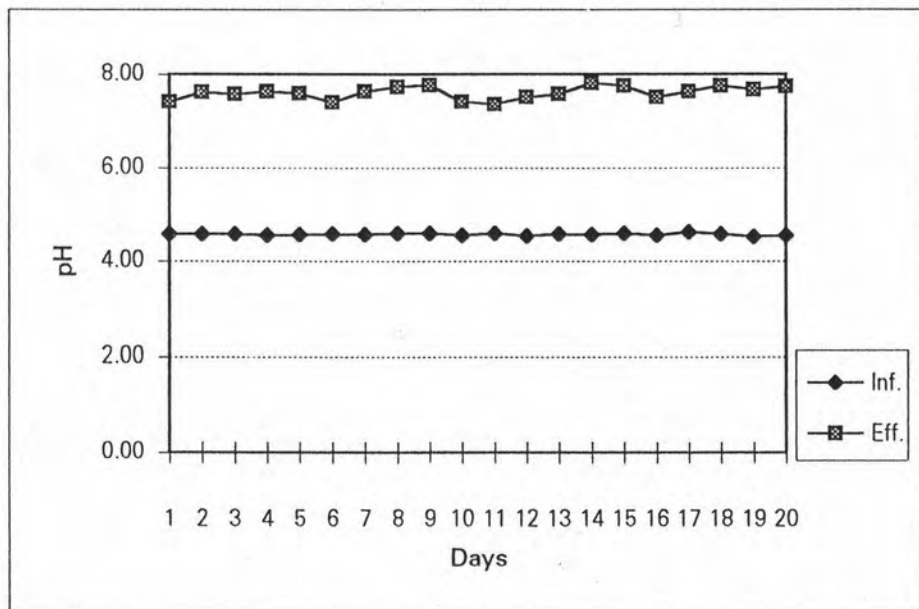
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.4184	0.4411	3.3371	0.2917	0.3076	2.3266
2	0.4615	0.4866	3.6809	0.3203	0.3377	2.5546
3	0.4148	0.4360	3.9801	0.3013	0.3167	2.8912
4	0.4489	0.4845	4.1834	0.3117	0.3364	2.9050
5	0.4635	0.4910	4.1929	0.3088	0.3272	2.7938
6	0.4567	0.4838	4.1311	0.3127	0.3313	2.8286
7	0.4477	0.4794	4.1727	0.3000	0.3212	2.7957
8	0.4621	0.5016	4.1799	0.3103	0.3369	2.8072
9	0.4526	0.4929	4.0943	0.3081	0.3356	2.7874
10	0.4544	0.4877	4.1109	0.3106	0.3333	2.8094
11	0.4842	0.5221	4.1145	0.3255	0.3510	2.7662
12	0.4519	0.4832	4.2120	0.3034	0.3244	2.8275
13	0.4431	0.4768	4.1299	0.3043	0.3274	2.8360
14	0.4746	0.5131	4.1632	0.3165	0.3422	2.7764
15	0.4548	0.4945	4.1145	0.3090	0.3359	2.7950
16	0.4592	0.4952	4.1537	0.3021	0.3258	2.7331
17	0.4921	0.5372	4.1822	0.3288	0.3589	2.7942
18	0.4682	0.5062	4.1073	0.3127	0.3381	2.7433
19	0.4407	0.4734	4.1073	0.2974	0.3195	2.7716
20	0.4538	0.4894	4.1050	0.3022	0.3259	2.7339

Unit 1 = m³/kgCODfed

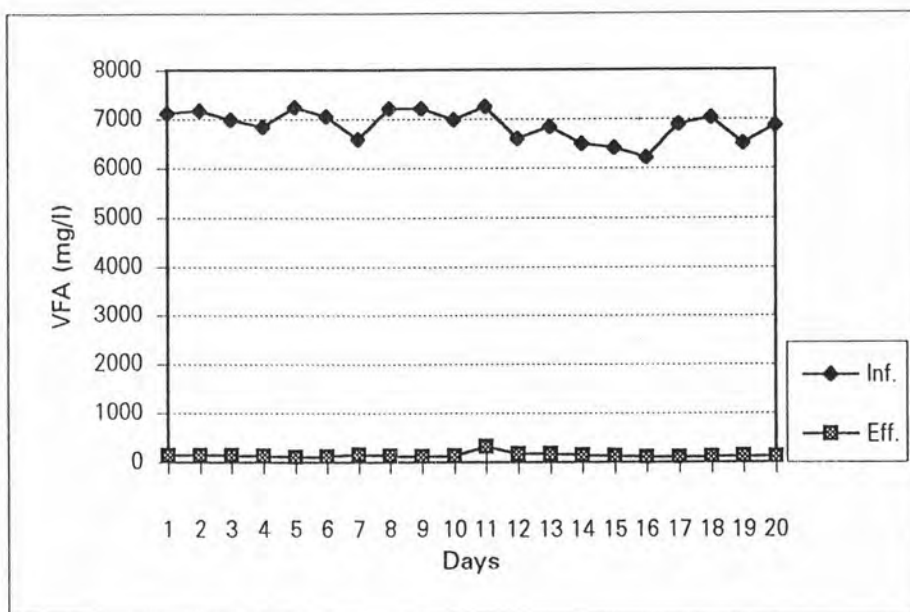
Unit 2 = m³/kgCODremoved

Unit 3 = m³/m³ reactor.d

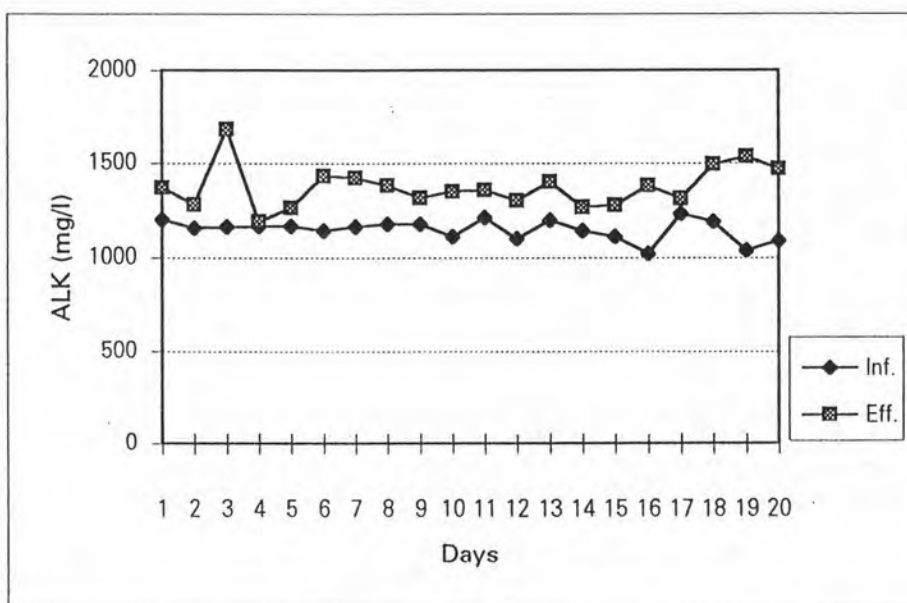
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 8.93 กิโลกรัมซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



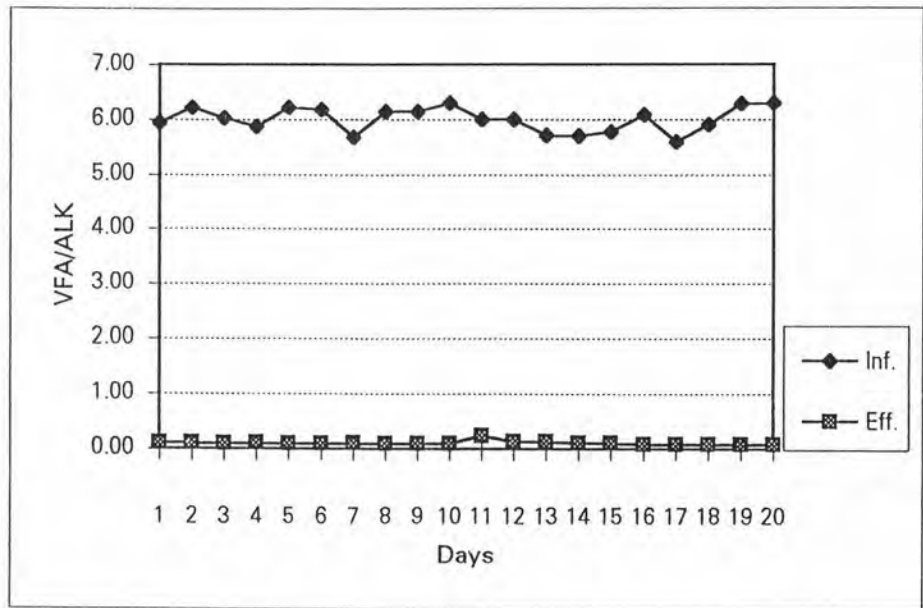
รูปที่ ค. 67 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



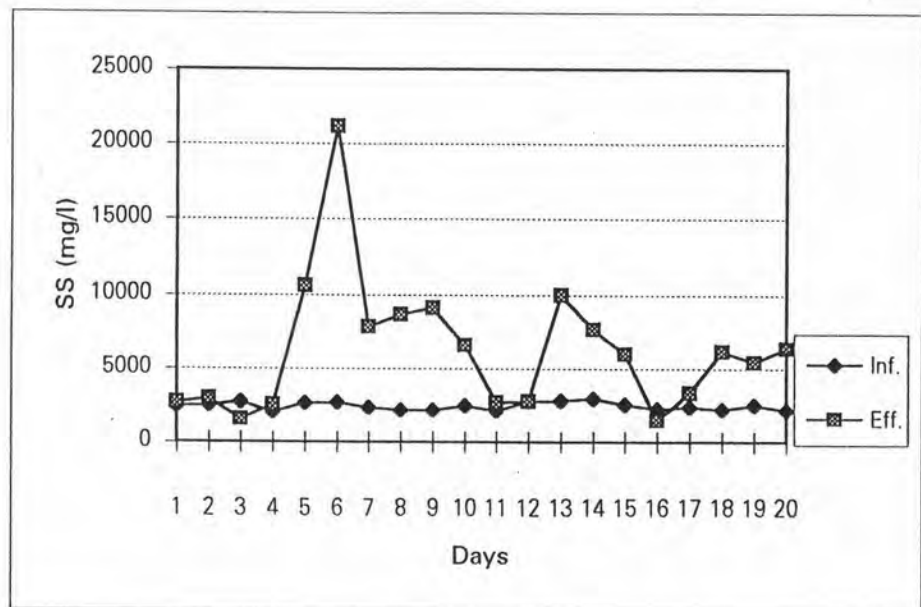
รูปที่ ค. 68 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



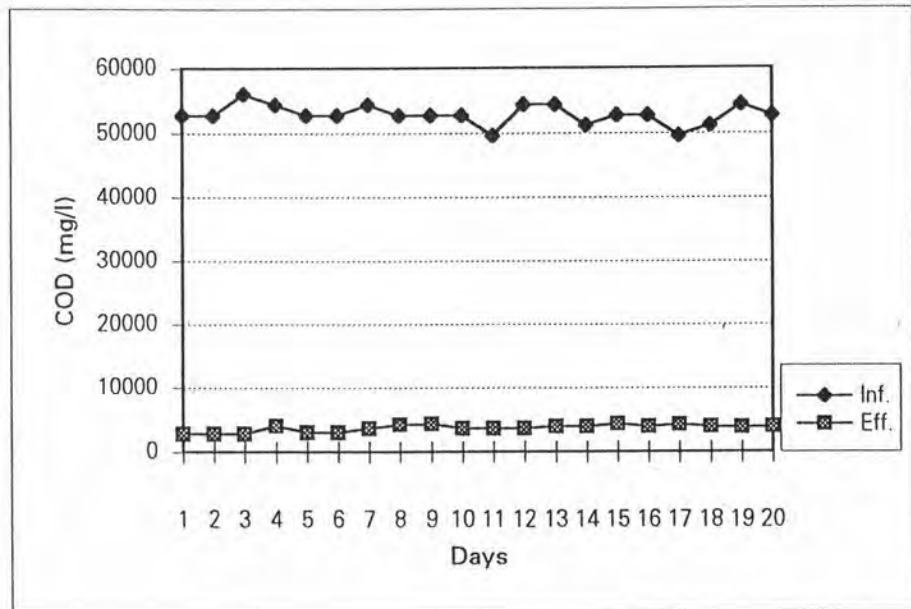
รูปที่ ค. 69 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



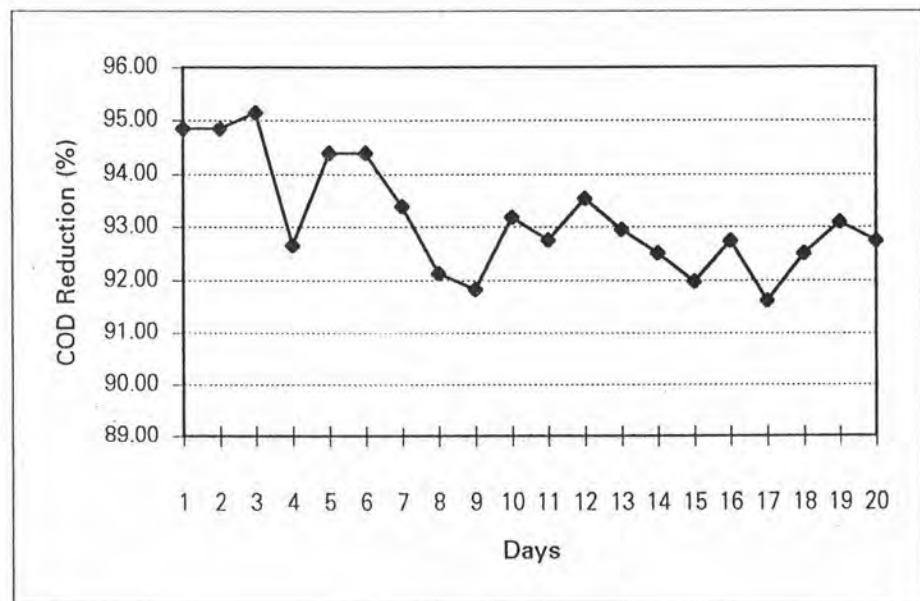
รูปที่ ค. 70 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



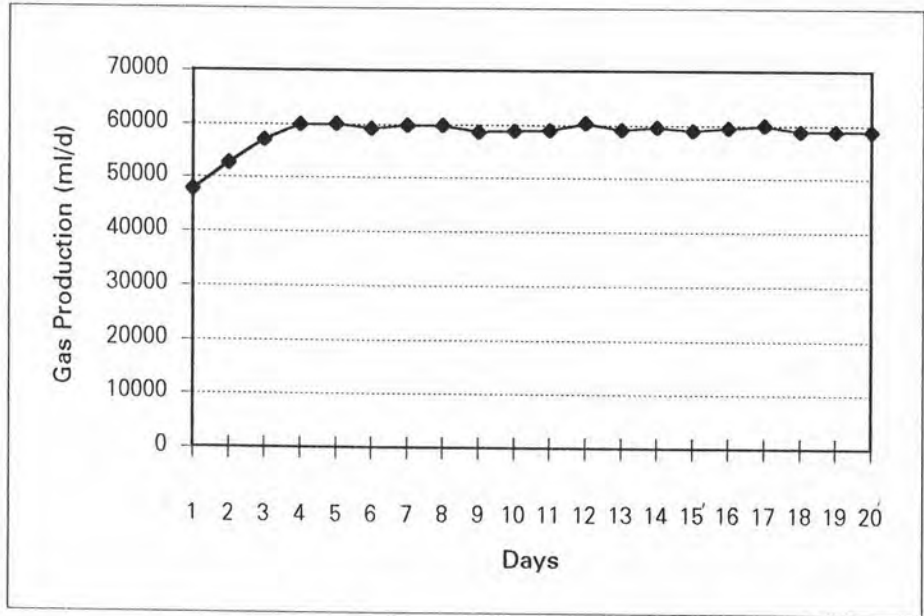
รูปที่ ค. 71 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



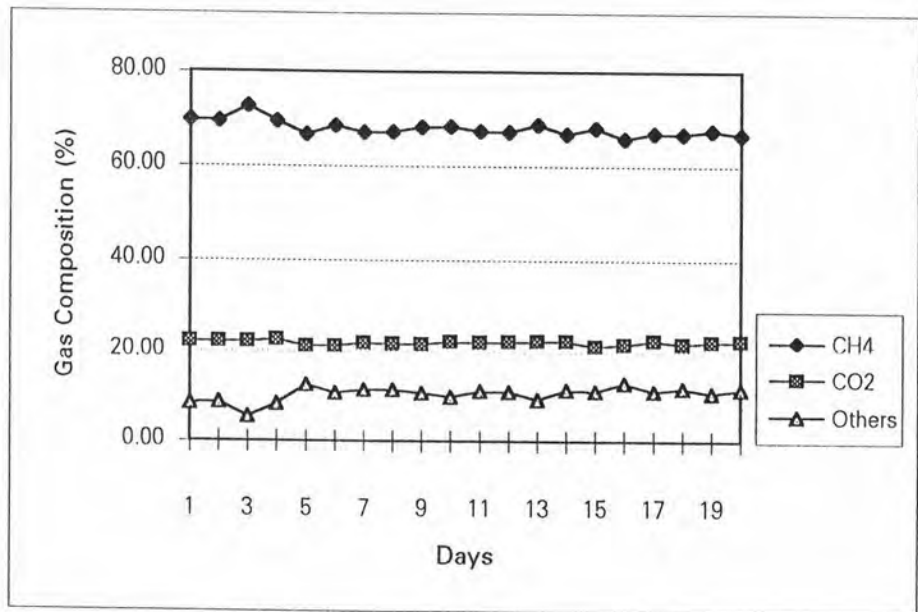
รูปที่ ค. 72 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



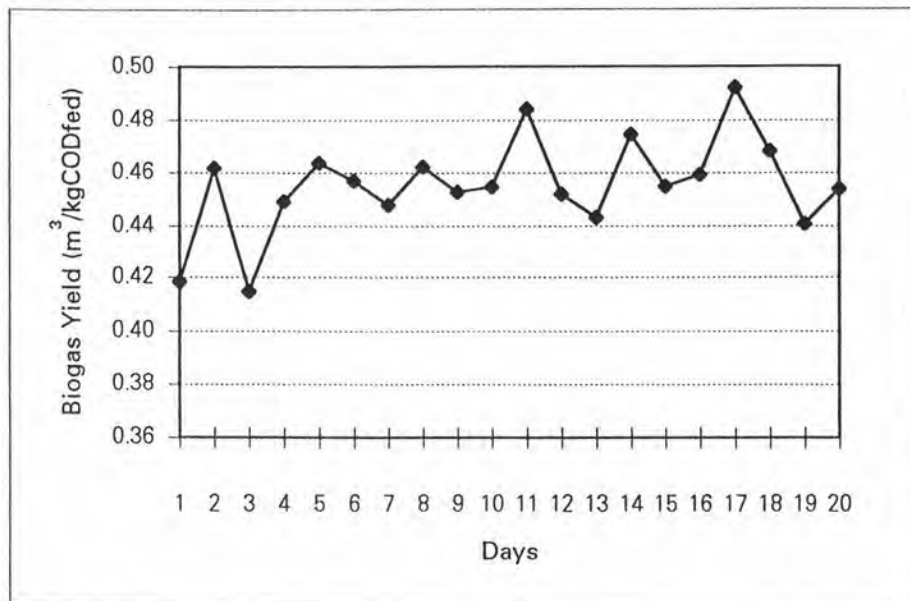
รูปที่ ค. 73 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์



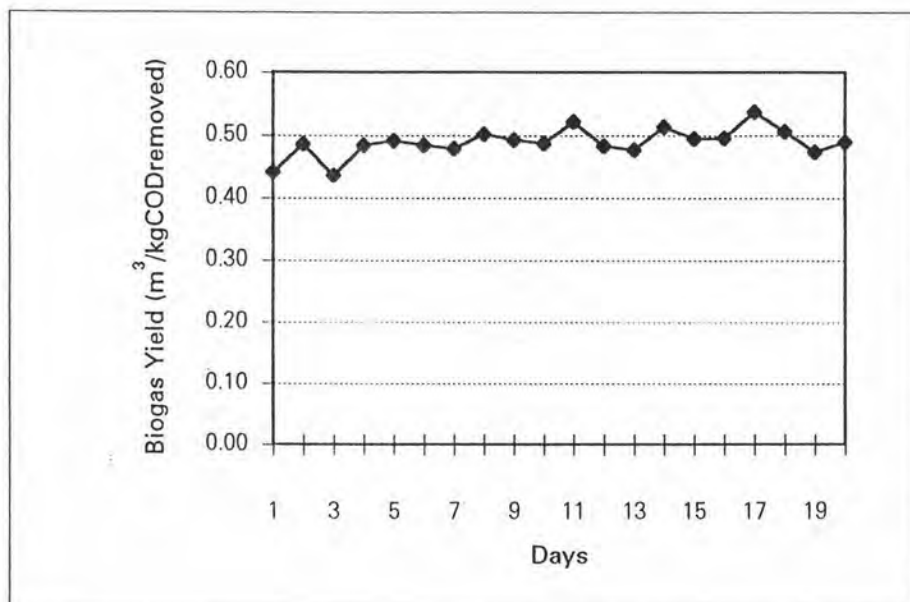
รูปที่ ค. 74 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



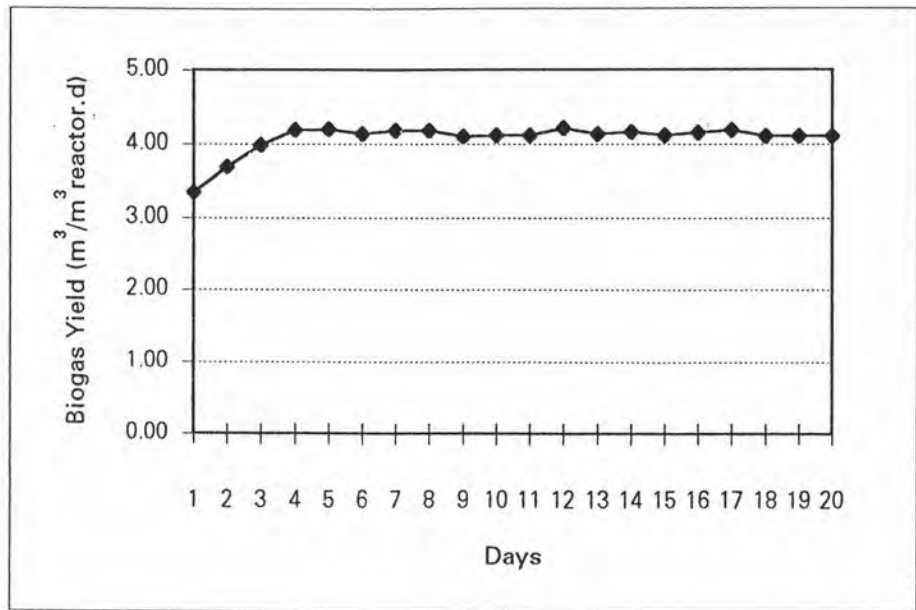
รูปที่ ค. 75 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



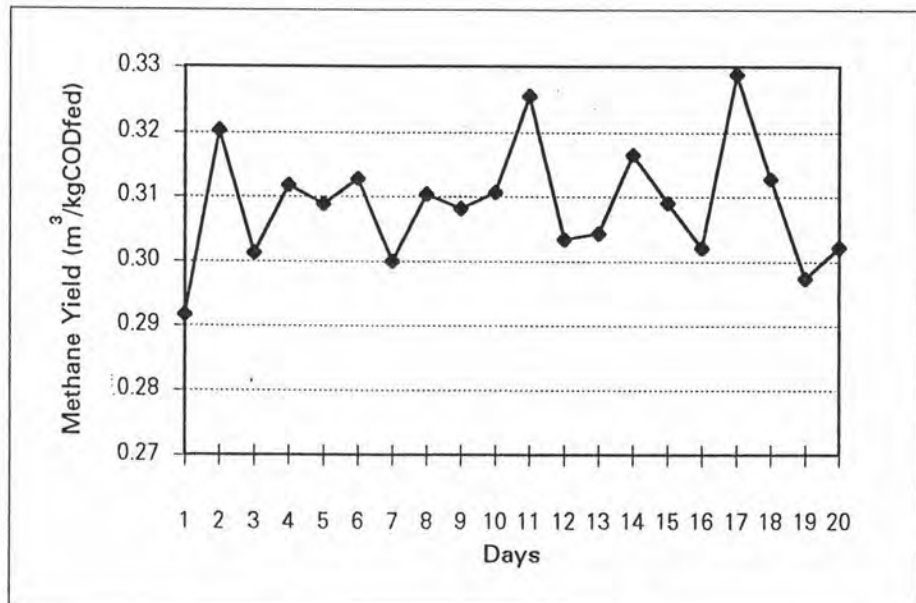
รูปที่ ค. 76 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



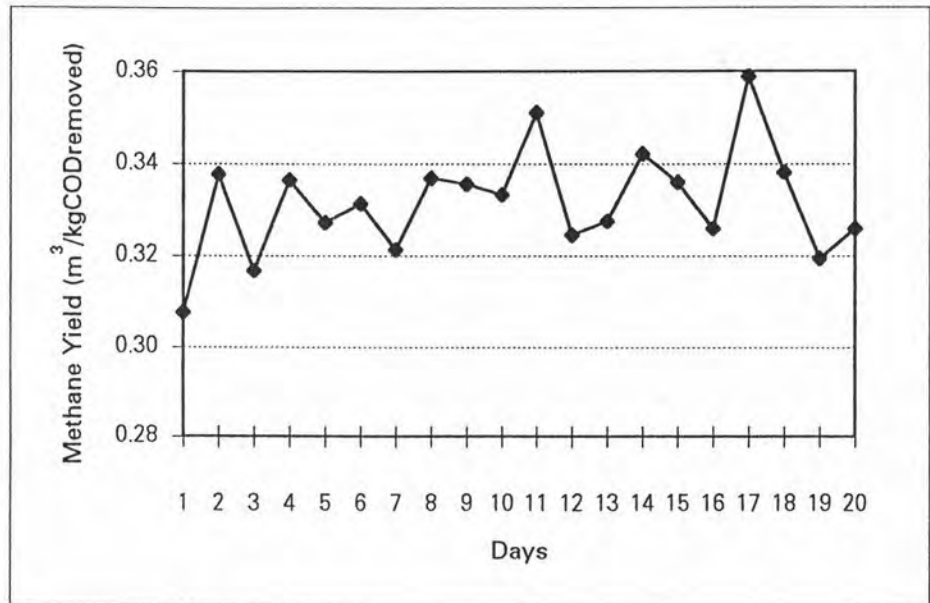
รูปที่ ค. 77 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



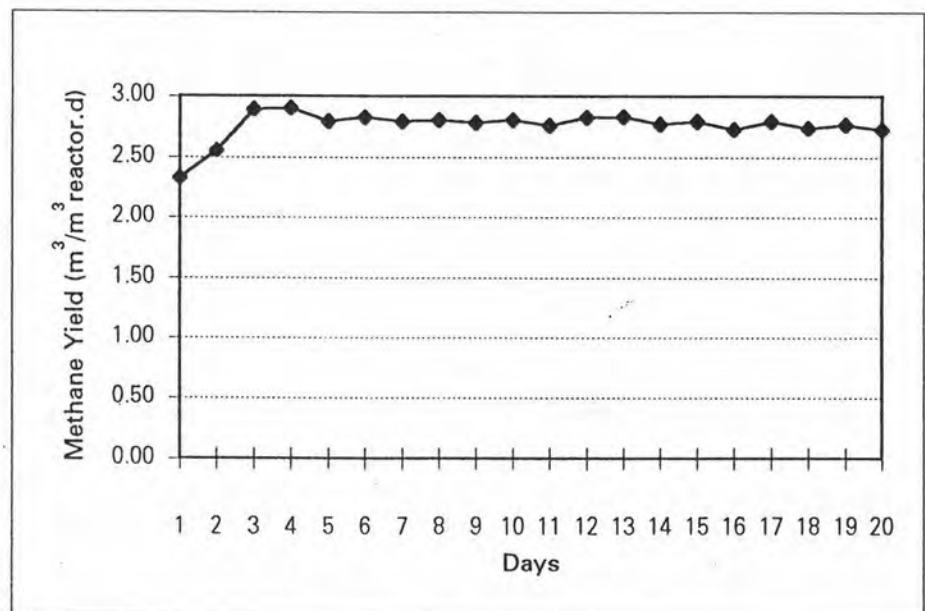
รูปที่ ค. 78 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของตั้งหมัก



รูปที่ ค. 79 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 80 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 81 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาตรของถังหมัก

ตารางที่ ค. 7 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าครุฑชนิดต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ 12.55 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	2.45	5.84	9.25	54000	3040	4.60	7.39	4365	145	815	1530	5.36	0.09
2	2.60	5.50	12.18	67000	4000	4.60	7.58	4823	338	860	1405	5.61	0.24
3	2.60	5.50	11.45	63000	3680	4.59	7.47	4650	170	785	1280	5.92	0.13
4	2.60	5.50	11.09	61000	5520	4.60	7.37	4703	120	830	1410	5.67	0.09
5	2.74	5.22	11.50	60000	3360	4.57	7.65	4350	115	780	1215	5.58	0.09
6	2.88	4.97	12.69	63000	3440	4.59	7.62	4440	140	825	1395	5.38	0.10
7	2.88	4.97	11.88	59000	2240	4.58	7.79	4485	135	790	1180	5.68	0.11
8	2.88	4.97	12.08	66000	2000	4.63	7.52	4395	100	835	1150	5.26	0.09
9	2.88	4.97	11.68	58000	1800	4.57	7.33	4433	80	820	1020	5.41	0.08
10	2.88	4.97	11.50	57000	2240	4.58	7.30	4365	90	810	1060	5.39	0.08
11	2.88	4.97	11.68	58000	2160	4.55	7.53	4215	75	795	1180	5.30	0.06
12	2.88	4.97	11.50	57000	2000	4.56	7.50	4403	75	830	1275	5.30	0.06
13	2.88	4.97	13.09	65000	2240	4.58	7.67	4574	75	865	1320	5.29	0.06
14	2.88	4.97	12.49	62000	1760	4.59	7.63	4500	85	885	1290	5.08	0.07
15	2.88	4.97	11.88	59000	2160	4.55	7.63	4350	85	830	1355	5.24	0.06
16	2.88	4.97	12.29	61000	1760	4.60	7.66	4860	85	885	1380	5.49	0.06
17	2.88	4.97	13.09	65000	2480	4.57	7.58	4643	65	850	1310	5.46	0.05
18	2.88	4.97	12.69	63000	1760	4.56	7.58	4725	60	815	1235	5.80	0.05

ตารางที่ ค. 7 (ต่อ)

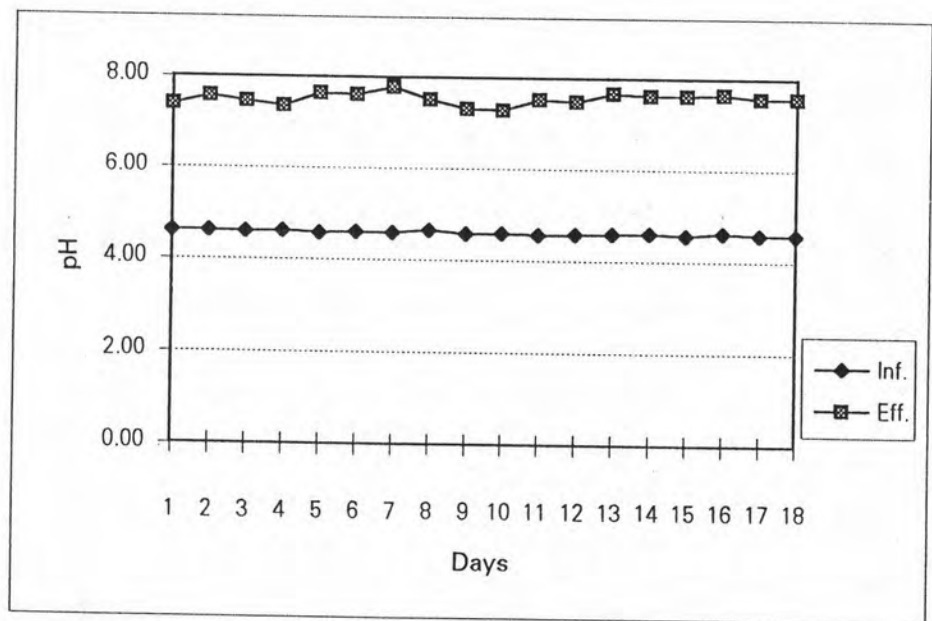
วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	1740	3567	94.37	66776	67.79	22.60	9.61
2	1590	7200	94.03	76313	67.12	23.06	9.82
3	1890	5367	94.16	76143	65.86	22.76	11.38
4	1640	12500	90.95	77146	66.01	22.79	11.20
5	1700	6100	94.40	78676	64.98	23.41	11.61
6	1710	8667	94.54	80937	68.53	22.88	8.59
7	1850	2700	96.20	74358	68.28	23.29	8.43
8	2160	2840	96.67	85289	69.39	22.19	8.42
9	2460	1960	96.90	83810	68.78	22.85	8.37
10	2330	6800	96.07	83300	67.44	23.21	9.35
11	2430	3167	96.28	84966	68.71	22.45	8.84
12	1970	2140	96.49	85272	67.41	22.81	9.78
13	1860	2367	96.55	84932	67.42	22.71	9.87
14	1720	2520	97.16	85204	66.40	22.62	10.98
15	1830	2133	96.34	86411	68.44	22.32	9.24
16	1910	3233	97.11	85386	68.57	21.48	9.95
17	1980	2060	96.18	89080	67.90	21.89	10.21
18	1830	4667	97.21	89301	68.73	22.15	9.16

ตารางที่ ค. 7 (ต่อ)

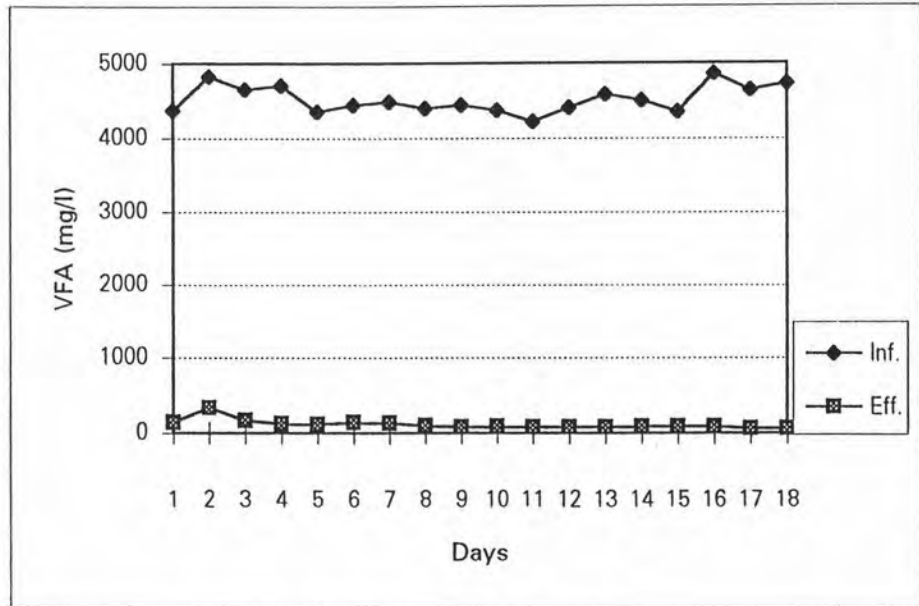
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.5047	0.5348	4.6697	0.3422	0.3626	3.1656
2	0.4381	0.4659	5.3366	0.2940	0.3127	3.5819
3	0.4649	0.4937	5.3247	0.3062	0.3251	3.5068
4	0.4864	0.5348	5.3948	0.3211	0.3530	3.5611
5	0.4786	0.5070	5.5018	0.3110	0.3294	3.5751
6	0.4461	0.4718	5.6599	0.3057	0.3234	3.8788
7	0.4376	0.4549	5.1999	0.2988	0.3106	3.5505
8	0.4487	0.4627	5.9643	0.3114	0.3211	4.1386
9	0.5017	0.5178	5.8608	0.3451	0.3561	4.0311
10	0.5074	0.5282	5.8252	0.3422	0.3562	3.9285
11	0.5087	0.5283	5.9417	0.3495	0.3630	4.0825
12	0.5194	0.5383	5.9631	0.3502	0.3629	4.0197
13	0.4537	0.4699	5.9393	0.3059	0.3168	4.0043
14	0.4772	0.4911	5.9583	0.3168	0.3261	3.9563
15	0.5085	0.5279	6.0427	0.3480	0.3613	4.1356
16	0.4860	0.5005	5.9710	0.3333	0.3432	4.0943
17	0.4759	0.4947	6.2294	0.3231	0.3359	4.2297
18	0.4922	0.5063	6.2448	0.3383	0.3480	4.2921

Unit 1 = m³/kgCODfedUnit 2 = m³/kgCODremovedUnit 3 = m³/m³ reactor.d

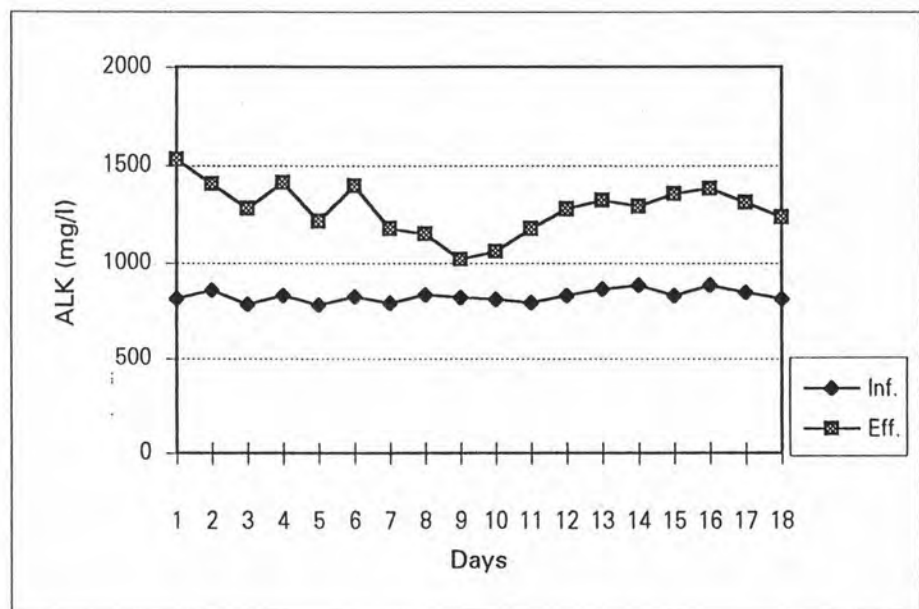
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 12.55 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



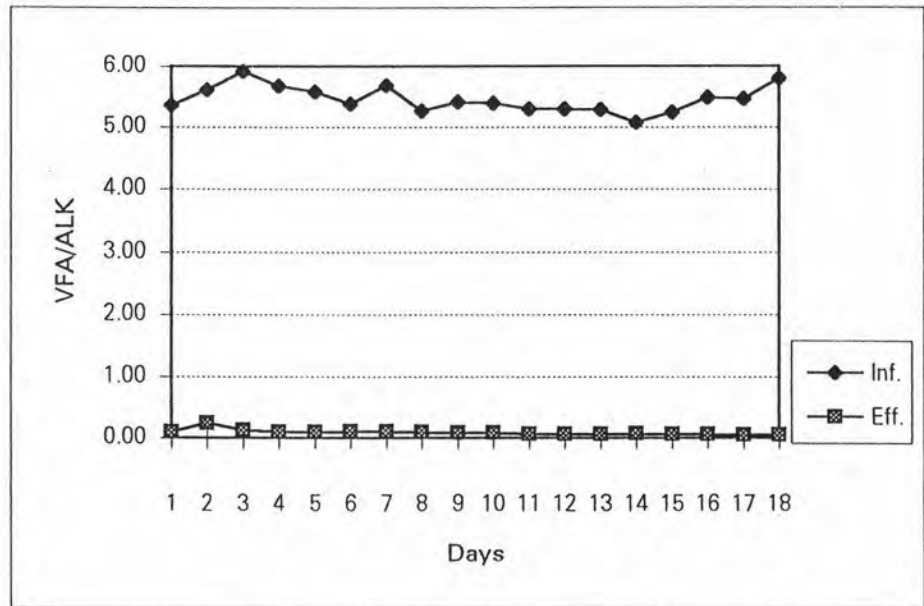
รูปที่ ค. 82 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



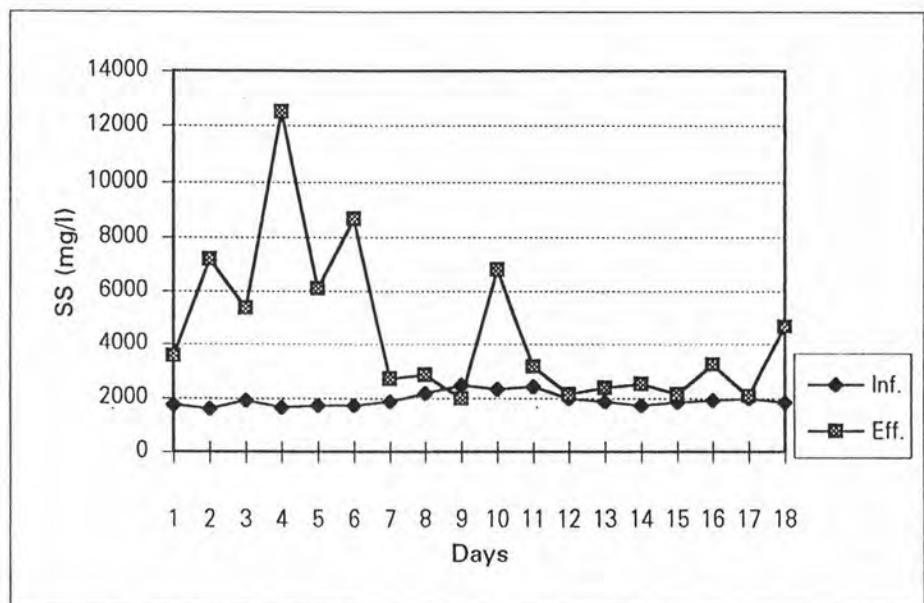
รูปที่ ค. 83 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



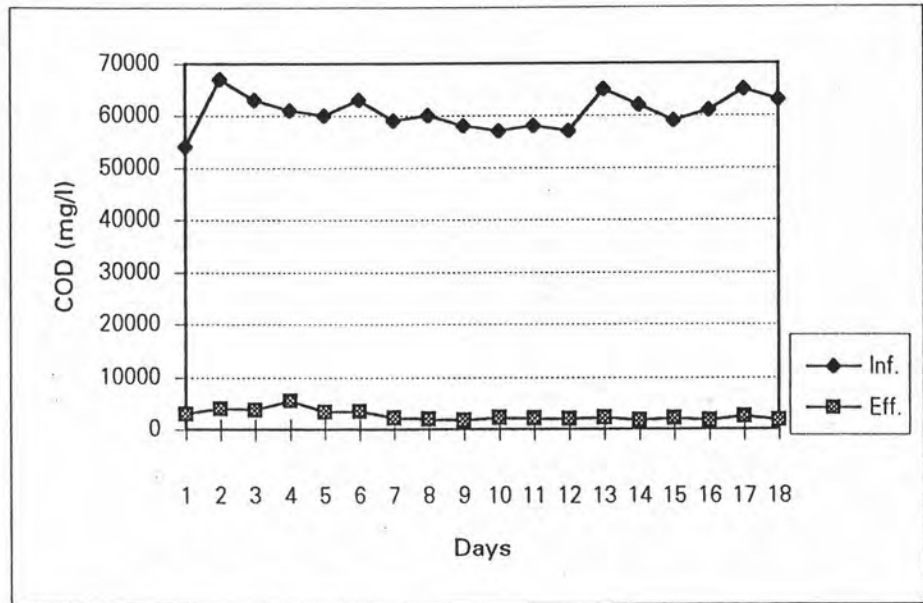
รูปที่ ค. 84 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



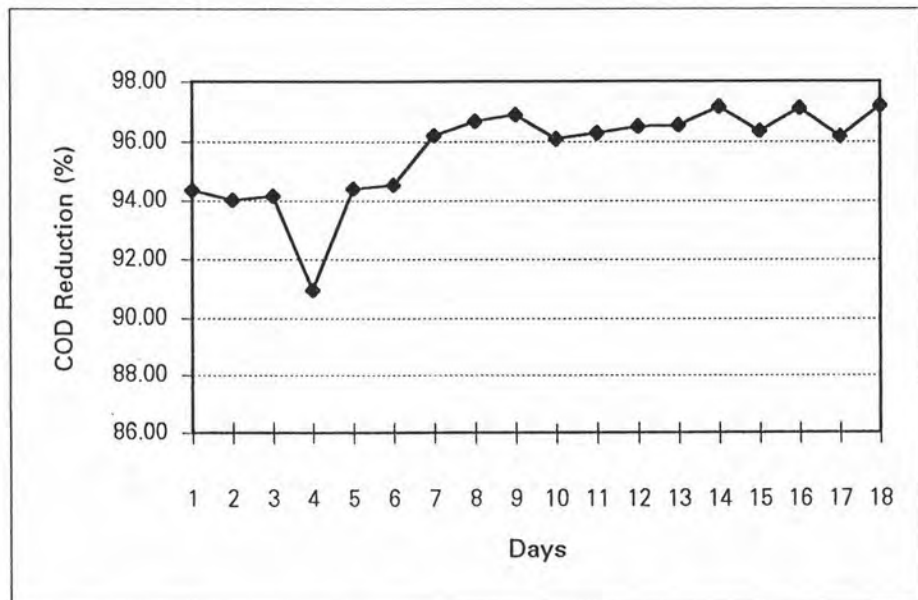
รูปที่ ค. 85 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



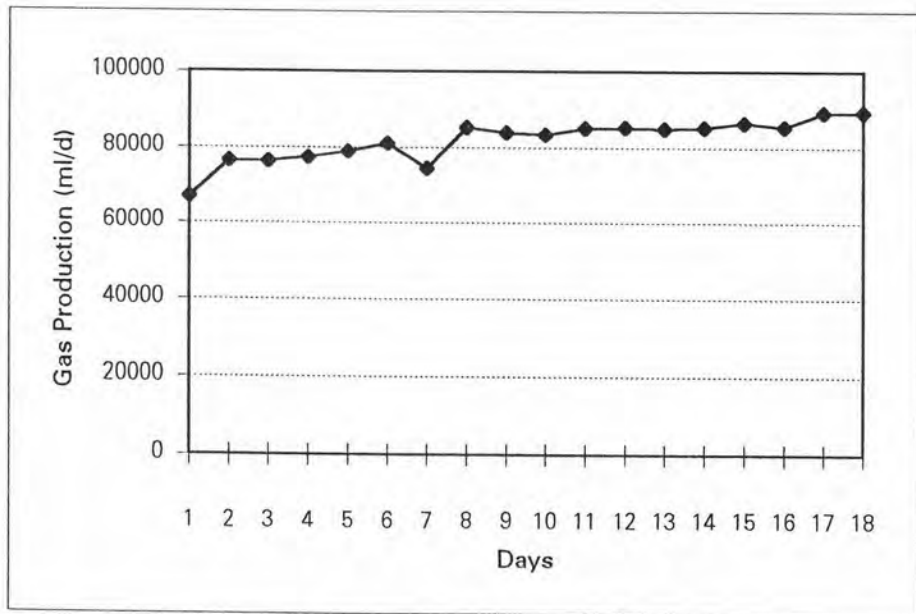
รูปที่ ค. 86 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



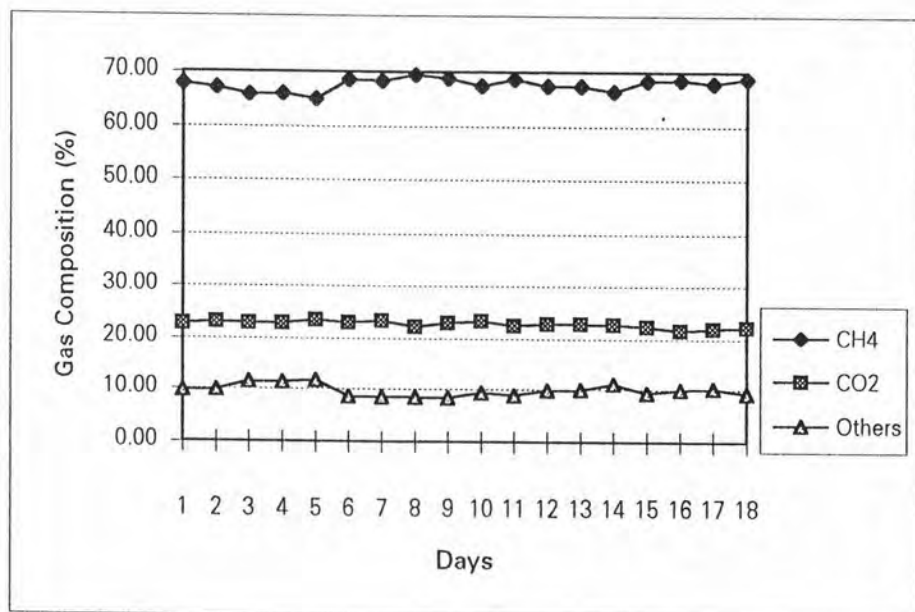
รูปที่ ค. 87 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



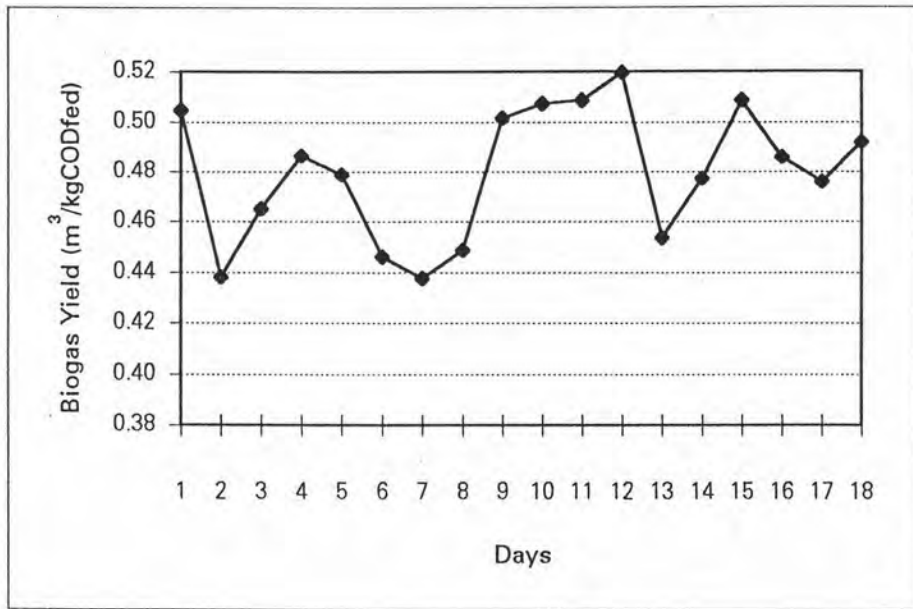
รูปที่ ค. 88 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์



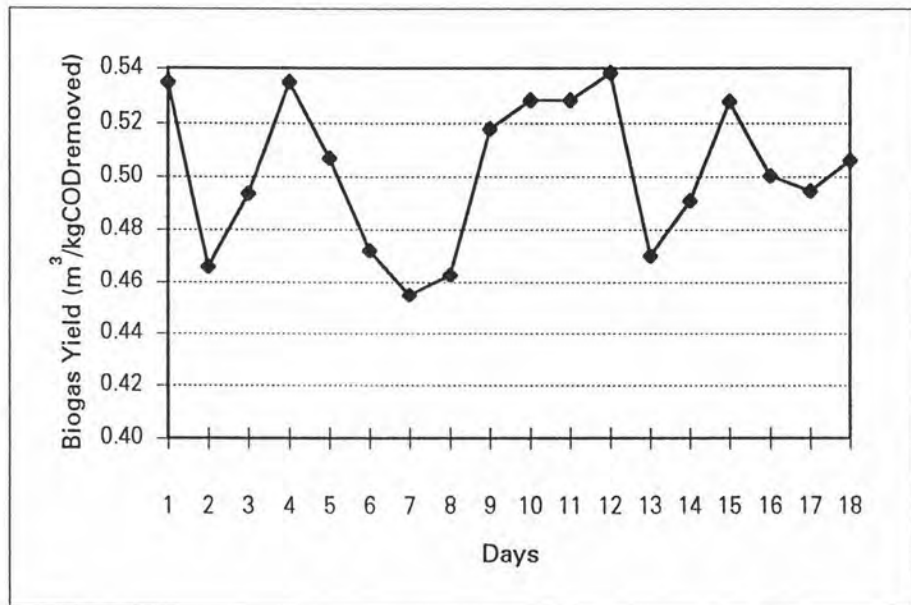
รูปที่ ค. 89 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



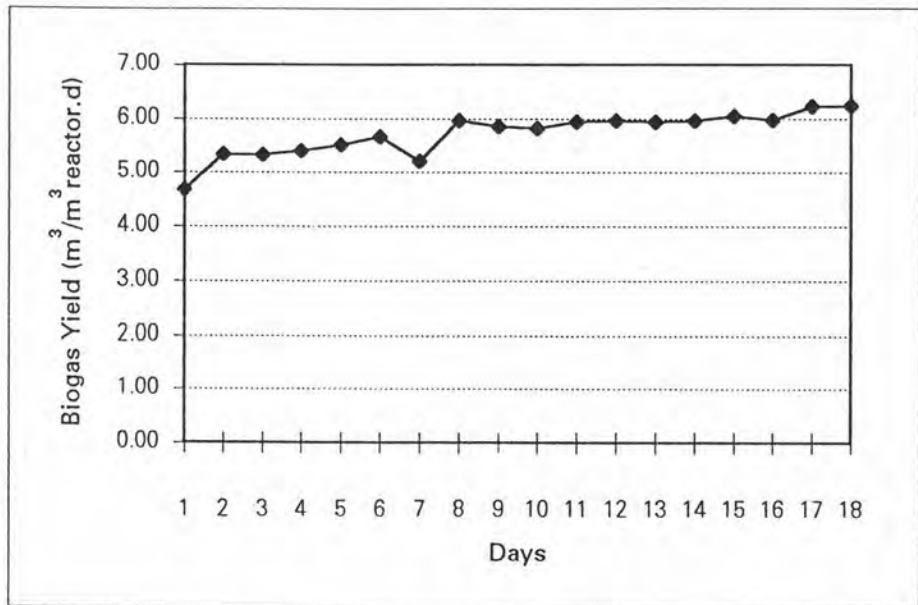
รูปที่ ค. 90 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



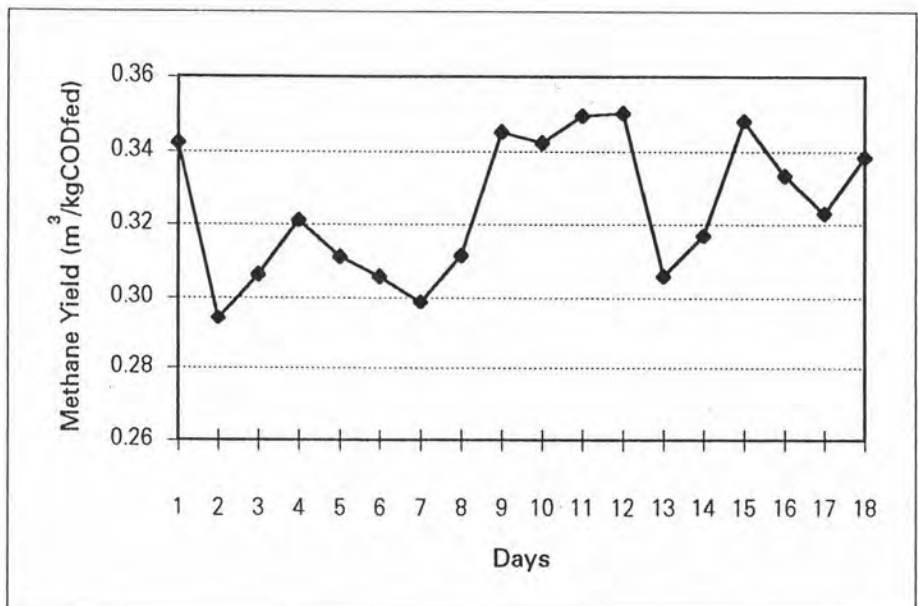
รูปที่ ค. 91 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



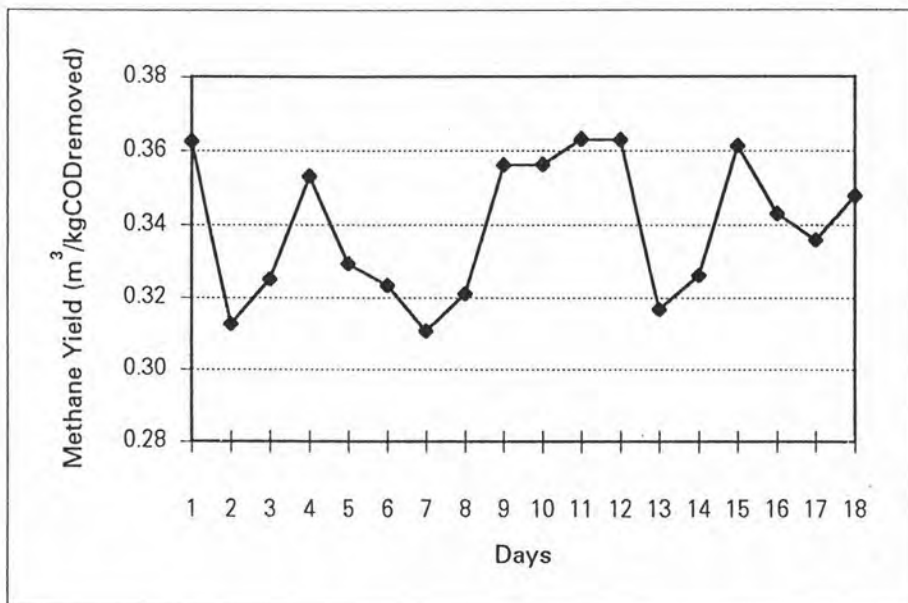
รูปที่ ค. 92 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



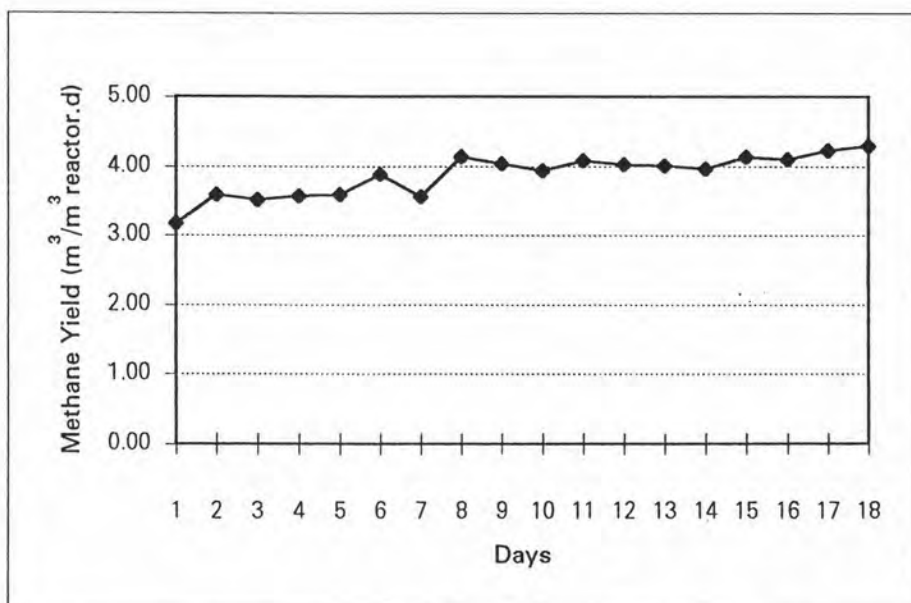
รูปที่ ค. 93 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาตรของถังหมัก



รูปที่ ค. 94 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 95 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 96 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก

ตารางที่ ค. 8 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าการรับน้ำและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการบำบัดน้ำเสียที่ 17.06 กิโลกรัมดีไอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK	
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
1	2.88	4.97	14.30	71000	6080	4.54	7.34	5513	90	990	1380	5.57	0.07
2	2.88	4.97	15.31	76000	5200	4.56	7.61	6090	900	1070	1280	5.69	0.70
3	2.88	4.97	14.10	70000	2800	4.52	7.65	5543	330	945	1180	5.87	0.28
4	2.88	4.97	14.50	72000	3760	4.56	7.73	5655	100	1030	1085	5.49	0.09
5	3.02	4.74	15.21	72000	3520	4.55	7.65	5505	105	970	1240	5.68	0.08
6	3.02	4.74	15.41	73000	3120	4.50	7.69	5580	105	875	1220	6.38	0.09
7	3.17	4.51	15.30	69000	3360	4.51	7.77	6255	145	970	1280	6.45	0.11
8	4.32	3.31	15.10	50000	4480	4.62	7.27	6990	615	1320	1340	5.30	0.46
9	4.32	3.31	17.22	57000	4640	4.71	7.46	7673	570	1590	1410	4.83	0.40
10	4.32	3.31	15.41	51000	3680	4.65	7.29	7350	323	1435	1270	5.12	0.25
11	4.32	3.31	18.73	62000	4240	4.61	7.12	7418	420	1375	1055	5.39	0.40
12	4.32	3.31	17.52	58000	4800	4.68	7.11	8085	465	1575	1030	5.13	0.45
13	4.32	3.31	16.01	53000	3520	4.65	7.40	7688	413	1505	975	5.11	0.42
14	4.32	3.31	18.13	60000	5360	4.65	7.33	7905	383	1480	930	5.34	0.41
15	4.32	3.31	18.13	60000	5120	4.61	7.17	7118	308	1380	1250	5.16	0.25
16	4.03	3.55	16.06	57000	4720	4.66	7.29	7860	398	1500	1155	5.24	0.34
17	4.03	3.55	16.35	58000	5200	4.65	7.31	7830	375	1465	1240	5.34	0.30
18	4.03	3.55	16.06	57000	4800	4.59	7.17	7193	308	1260	1305	5.71	0.24
19	4.03	3.55	17.19	61000	5200	4.61	7.19	7455	285	1320	1220	5.65	0.23
20	4.03	3.55	17.47	62000	5120	4.65	7.21	7845	330	1420	1280	5.52	0.26

ตารางที่ ค. 8 (ต่อ)

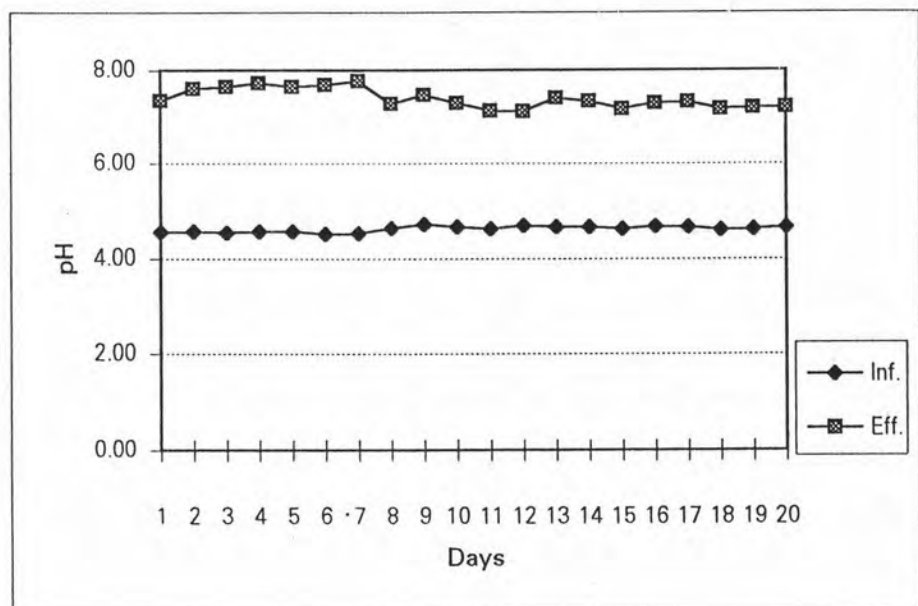
วันที่	SS(mg/l)		COD Reduction (%)	Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.			CH ₄	CO ₂	Others
1	2720	1880	91.44	84303	65.44	24.65	9.91
2	3150	1740	93.16	83096	66.20	23.69	10.11
3	2980	1740	96.00	109650	63.45	21.50	15.05
4	2850	4733	94.78	111520	63.09	21.73	15.18
5	2810	7033	95.11	107406	62.87	22.37	14.76
6	3100	6100	95.73	109055	61.66	22.40	15.94
7	2420	7200	95.13	110228	60.99	21.01	18.00
8	2430	7133	91.04	121567	60.74	21.76	17.50
9	2580	5867	91.86	117895	60.98	21.93	17.09
10	2660	5067	92.78	120003	60.67	21.94	17.39
11	2590	3433	93.16	118201	58.87	21.42	19.71
12	2630	5033	91.72	112285	63.12	21.27	15.61
13	2740	3933	93.36	102799	64.56	21.61	13.83
14	2590	6333	91.07	103615	65.40	25.45	9.15
15	2670	7367	91.46	114920	67.07	23.60	9.33
16	2960	5600	91.47	119068	69.55	21.61	8.84
17	2840	5733	91.03	115209	68.02	25.75	6.23
18	2850	5667	91.58	113322	67.78	24.71	7.51
19	2640	4800	91.48	112149	67.70	23.29	9.01
20	2750	6033	91.74	111418	67.70	24.47	7.83

ตารางที่ ค. 8 (ต่อ)

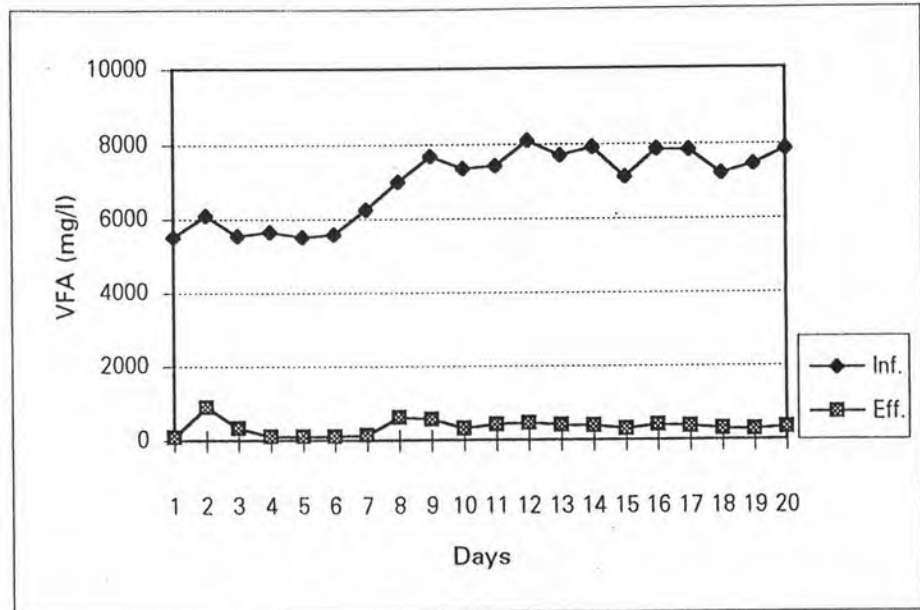
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.4123	0.4509	5.8953	0.2698	0.2951	3.8579
2	0.3796	0.4075	5.8109	0.2513	0.2698	3.8468
3	0.5439	0.5666	7.6678	0.3451	0.3595	4.8652
4	0.5378	0.5674	7.7986	0.3393	0.3580	4.9201
5	0.4940	0.5193	7.5109	0.3106	0.3265	4.7221
6	0.4947	0.5168	7.6262	0.3050	0.3186	4.7023
7	0.5039	0.5297	7.7083	0.3074	0.3231	4.7013
8	0.5628	0.6182	8.5012	0.3419	0.3755	5.1636
9	0.4788	0.5212	8.2444	0.2920	0.3178	5.0274
10	0.5447	0.5870	8.3918	0.3305	0.3562	5.0913
11	0.4413	0.4737	8.2658	0.2598	0.2789	4.8661
12	0.4481	0.4886	7.9521	0.2829	0.3084	4.9562
13	0.4490	0.4809	7.1887	0.2899	0.3105	4.6411
14	0.3997	0.4390	7.2458	0.2614	0.2871	4.7388
15	0.4434	0.4847	8.0364	0.2974	0.3251	5.3900
16	0.5183	0.5651	8.3264	0.3605	0.3931	5.7910
17	0.4929	0.5414	8.0566	0.3353	0.3683	5.4801
18	0.4933	0.5387	7.9246	0.3344	0.3651	5.3713
19	0.4562	0.4987	7.8426	0.3089	0.3376	5.3094
20	0.4459	0.4861	7.7915	0.3019	0.3291	5.2748

Unit 1 = m³/kgCODfedUnit 2 = m³/kgCODremovedUnit 3 = m³/m³ reactor.d

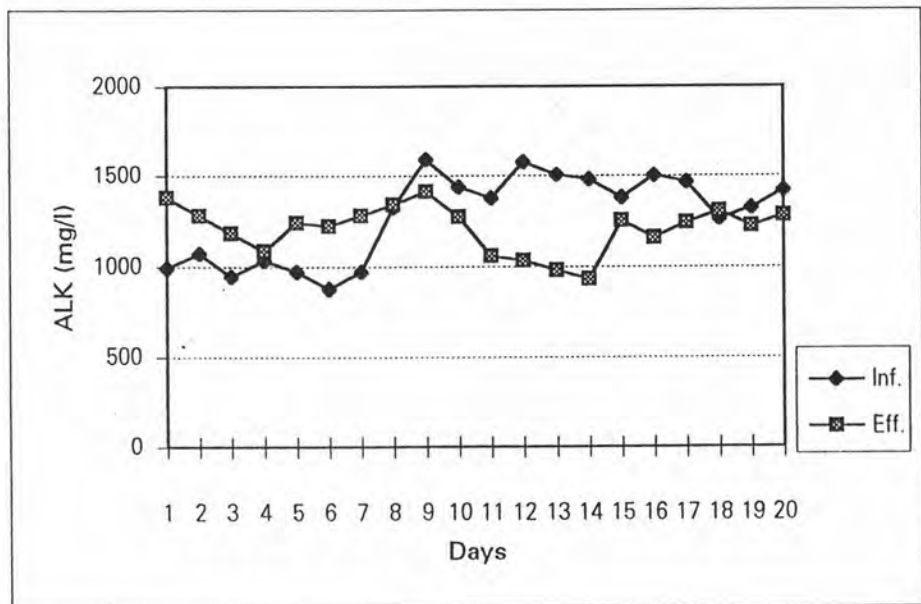
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 17.06 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



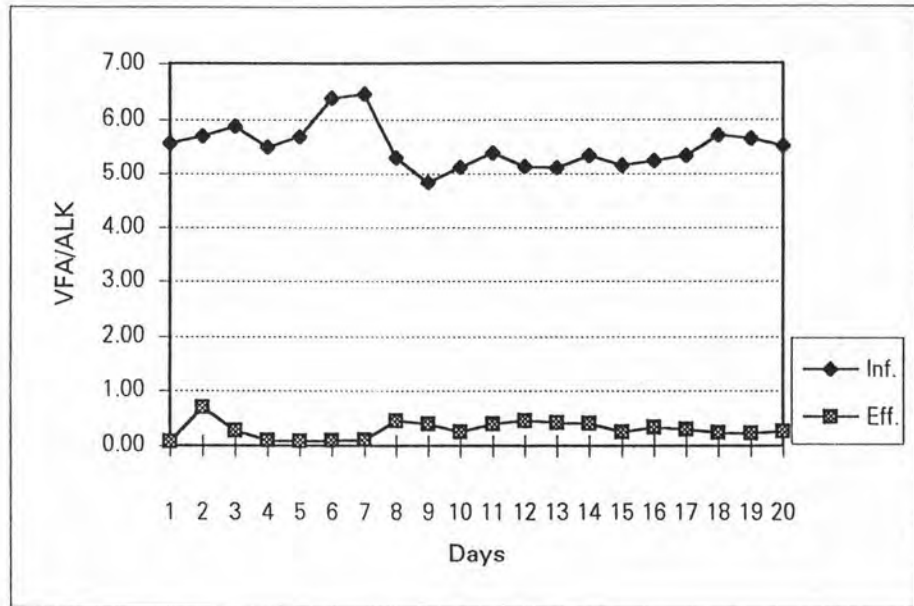
รูปที่ ค. 97 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



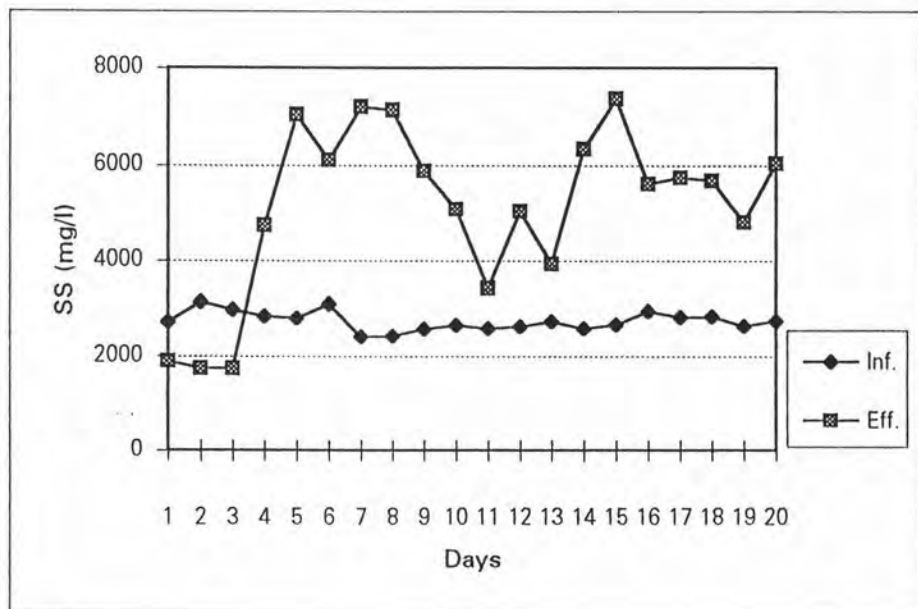
รูปที่ ค. 98 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



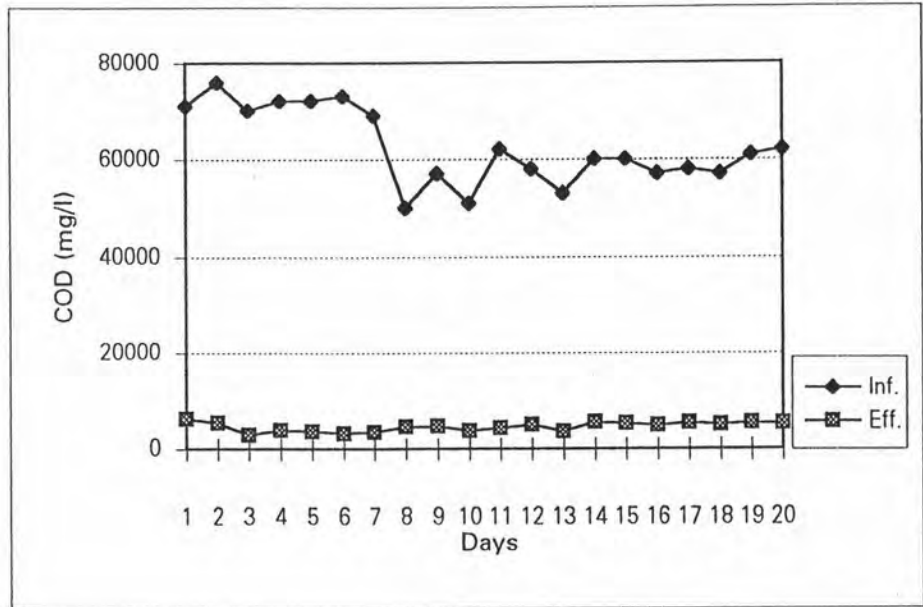
รูปที่ ค. 99 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



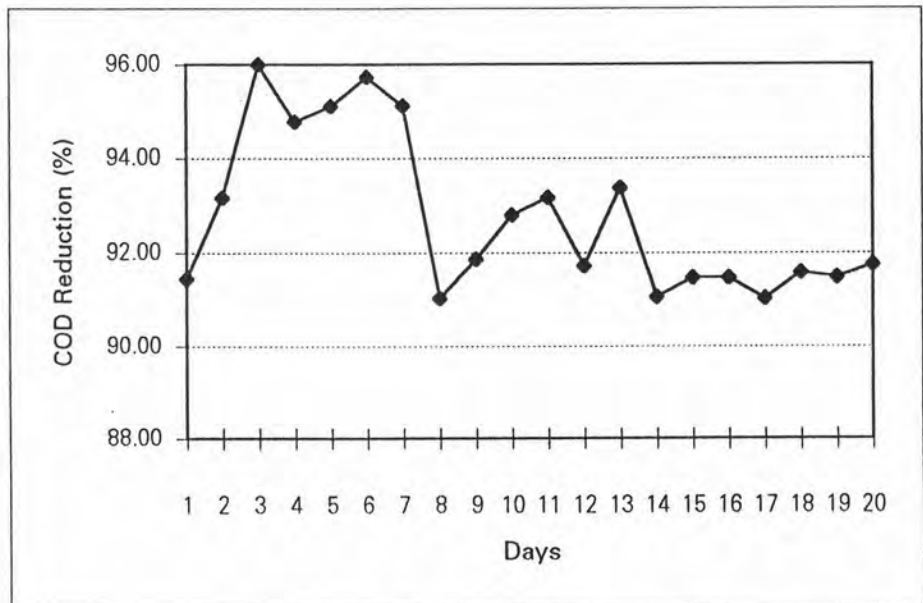
รูปที่ ค.100 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



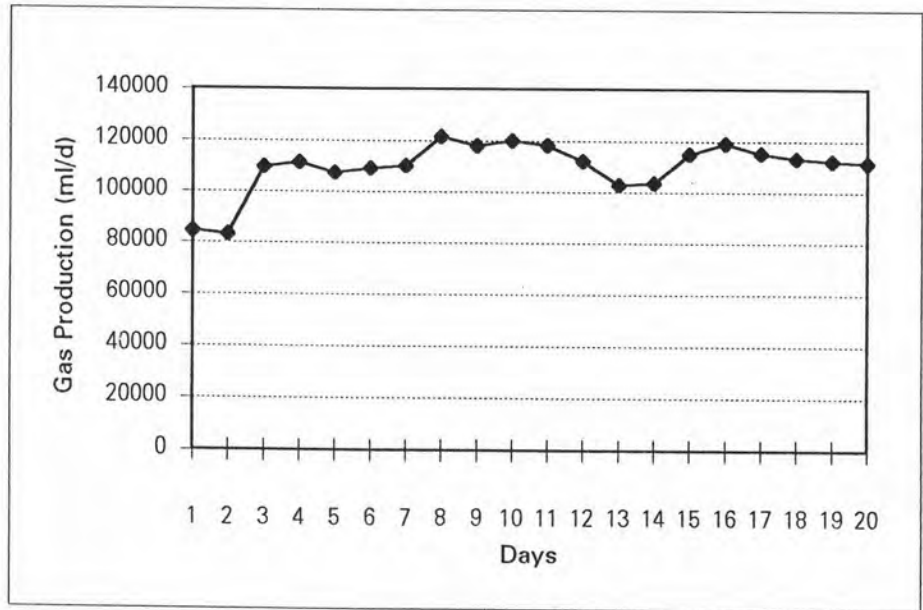
รูปที่ ค. 101 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



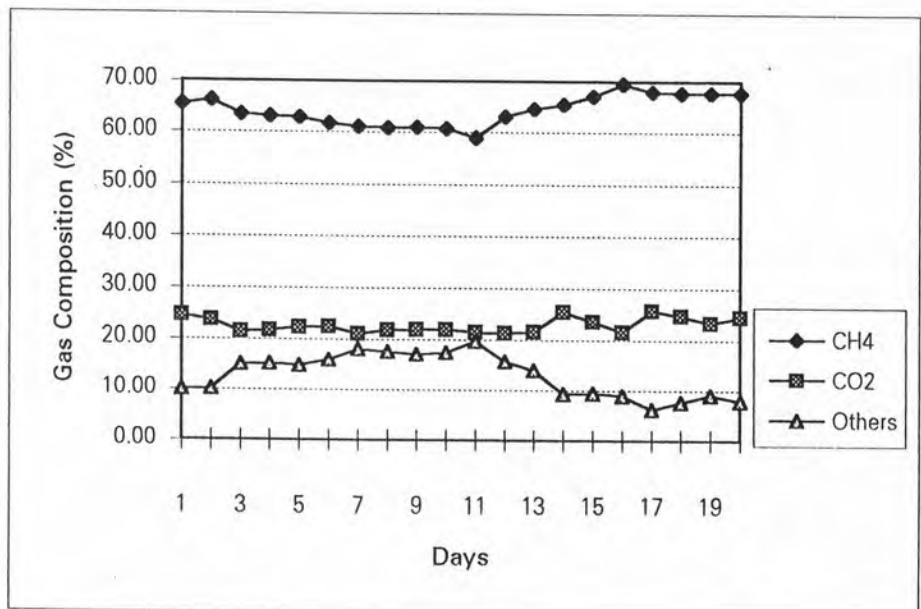
รูปที่ ค. 102 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



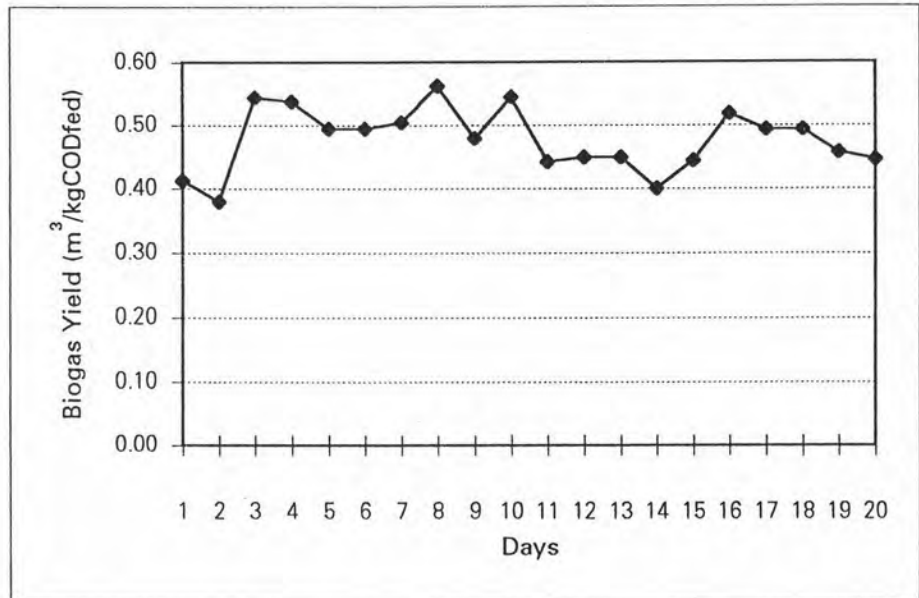
รูปที่ ค. 103 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์



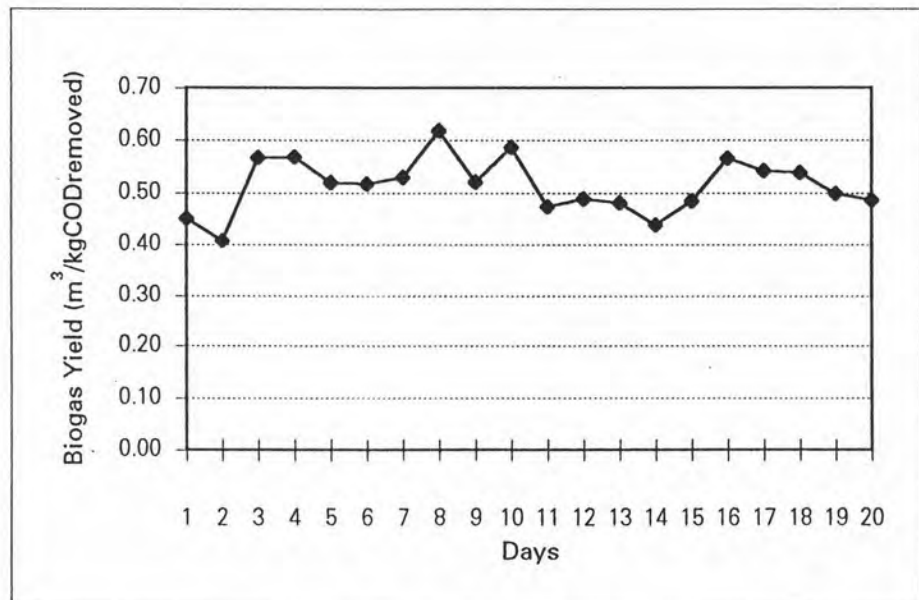
รูปที่ ค. 104 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



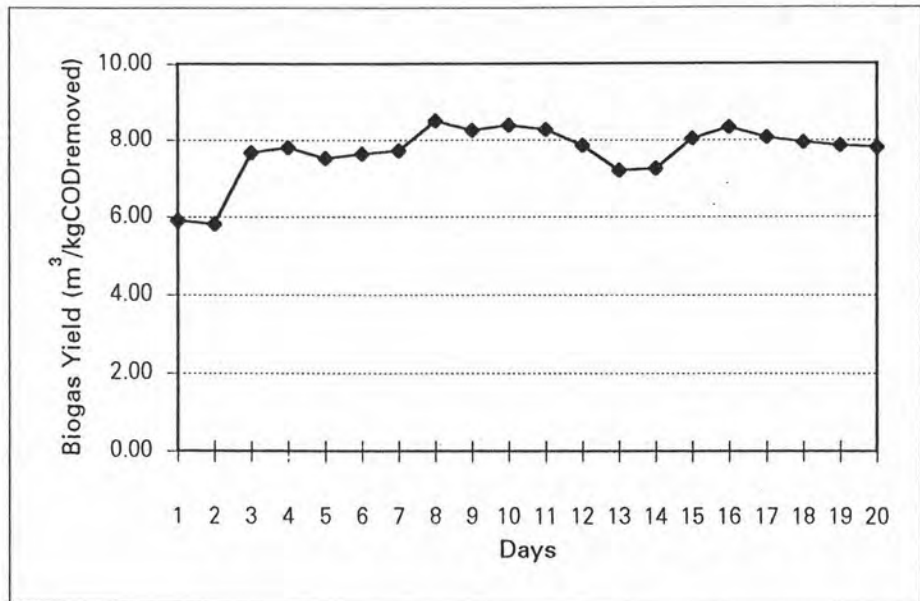
รูปที่ ค. 105 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



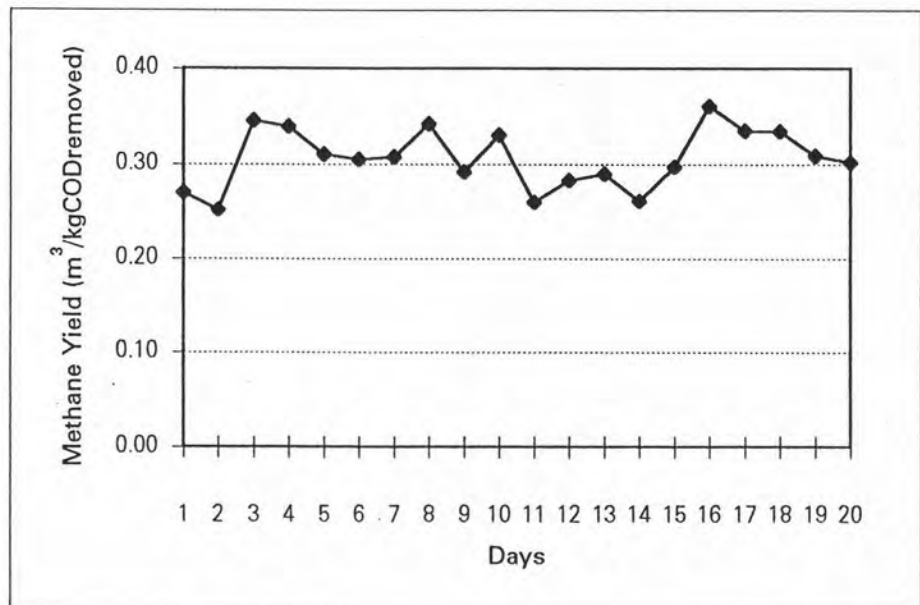
รูปที่ ค. 106 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



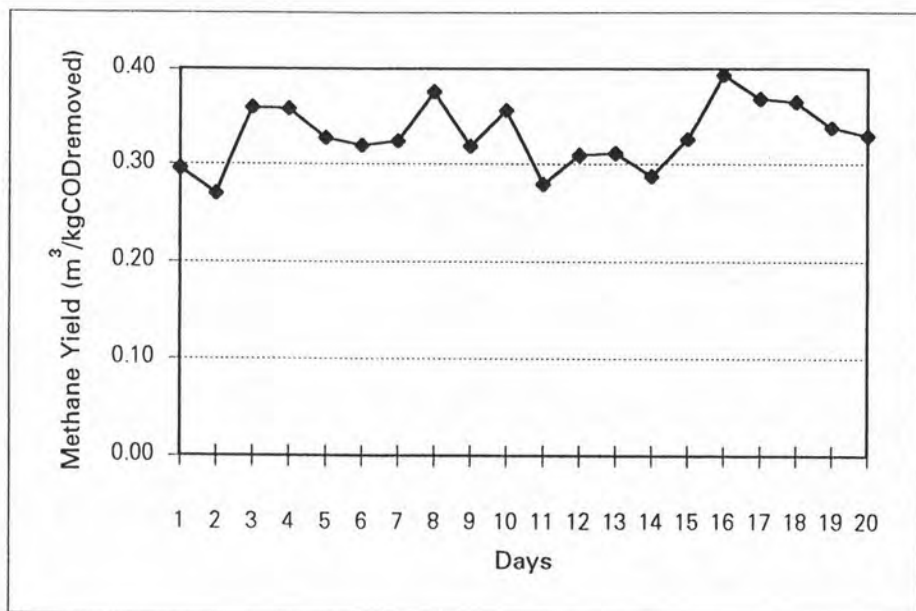
รูปที่ ค. 107 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



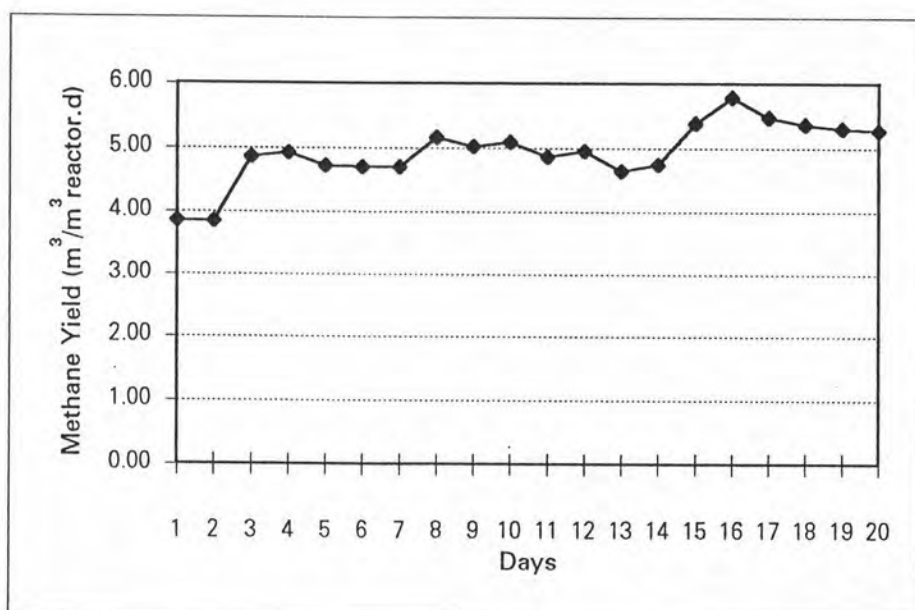
รูปที่ ค. 108 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก



รูปที่ ค. 109 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 110 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 111 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของด่างหมัก

ตารางที่ ค. 9 ข้อมูลการทดลองแสดงค่าความเข้มข้นต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 21.27 กิโลกรัมซีไอดี/ลูกบาศก์เมตรวัน

วันที่	Flow Rate (l/d)	HRT (Days)	Organic Loading (kgCOD/m ³ .d)	COD (mg/l)		pH		VFA (mg/l)		ALK (mg/l)		VFA/ALK		COD Reduction (%)
				Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	
1	8.50	1.68	16.64	28000	4320	4.74	7.08	3503	645	705	1170	4.97	0.55	84.57
2	9.07	1.58	18.34	29000	2720	4.72	7.20	3580	473	720	1100	4.97	0.43	90.62
3	10.22	1.40	22.87	32000	2880	4.83	7.18	3585	518	785	1135	4.57	0.46	91.00
4	10.22	1.40	21.44	30000	5600	4.94	7.13	3593	1863	820	1575	4.38	1.18	81.33
5 ^{am}	10.22	1.40	21.44	30000	9400	4.96	6.96	3518	4245	865	2440	4.07	1.74	68.67
5 ^{pm}	10.22	1.40	21.44	30000	12800	5.00	7.12	3585	5175	870	2680	4.12	1.93	57.33
6 ^{am}	9.65	1.48	22.27	33000	19600	5.05	5.85	3473	7875	905	3005	3.84	2.62	40.61
6 ^{pm}	9.65	1.48	20.92	31000	20400	4.98	5.88	3485	7095	885	2725	3.91	2.60	34.19
7 ^{am}	9.65	1.48	21.59	32000	22000	4.91	5.69	3510	9165	850	3320	4.13	2.76	31.25
7 ^{pm}	9.65	1.48	21.93	32500	22000	4.84	5.55	3473	8718	820	3315	4.24	2.63	32.31
8 ^{am}	9.07	1.58	19.03	30000	22400	4.85	5.48	3570	9248	855	3270	4.18	2.83	25.33
8 ^{pm}	9.07	1.58	19.98	31500	24400	4.91	5.65	3525	9848	850	3420	4.15	2.88	22.54
9 ^{am}	9.07	1.58	20.61	32500	24400	4.87	5.42	3430	9195	810	2980	4.23	3.09	24.92
9 ^{pm}	9.07	1.58	19.98	31500	23000	4.81	5.43	3485	8835	775	2990	4.50	2.95	26.98

ตารางที่ ค. 9 (ต่อ)

วันที่	SS(mg/l)		Gas Production (ml/d)	Gas Composition (%)		
	Inf.	Eff.		CH ₄	CO ₂	Others
1	1350	3267	111384	66.65	24.69	8.66
2	1040	3000	122502	64.12	23.62	12.26
3	1200	4067	135031	64.09	29.16	6.75
4	1410	4867	126718	59.94	29.60	10.46
5	1440	5000	90202	45.59	40.93	13.48
6	1270	7733	53907	39.80	47.58	12.62
7	1030	3360	47651	46.36	44.50	9.14
8	1080	2840	36992	42.76	49.32	7.92
9	1500	2540	34850	44.79	45.82	9.39

ตารางที่ ค. 9 (ต่อ)

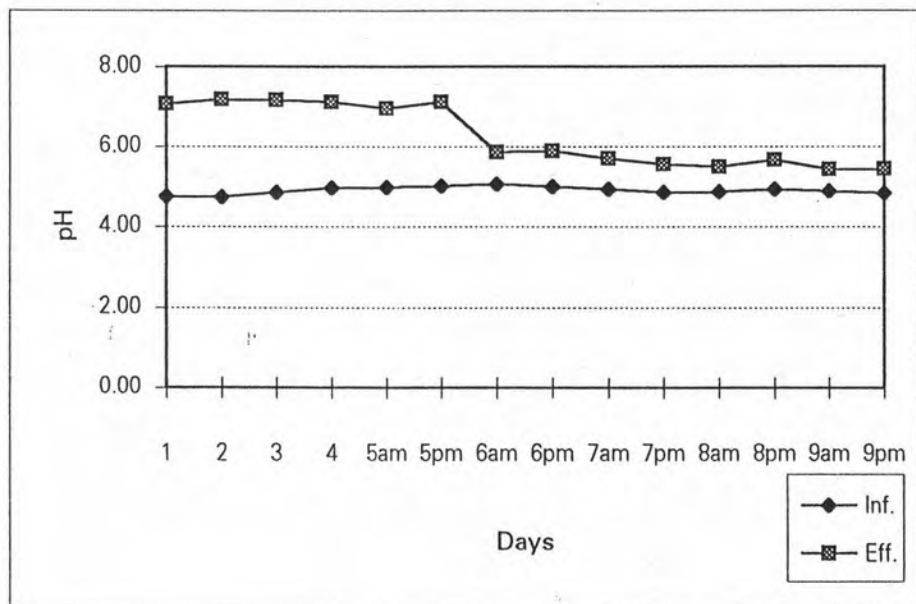
วันที่	Biogas Yield			Methane Yield		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	0.4680	0.5534	7.7891	0.3119	0.3688	5.1914
2	0.4657	0.5139	7.8673	0.2986	0.3295	5.0445
3	0.4129	0.4537	9.4427	0.2646	0.2908	6.0518
4	0.4133	0.5082	8.8614	0.2477	0.3046	5.3115
5	0.2942	0.4670	6.3078	0.1341	0.2129	2.8757
6	0.1746	0.4655	3.7697	0.0695	0.1853	1.5003
7	0.1531	0.4817	3.3322	0.0710	0.2233	1.5448
8	0.1326	0.5549	2.5869	0.0567	0.2373	1.1061
9	0.1201	0.4629	2.4371	0.0537	0.2073	1.0916

Unit 1 = m³/kgCODfed

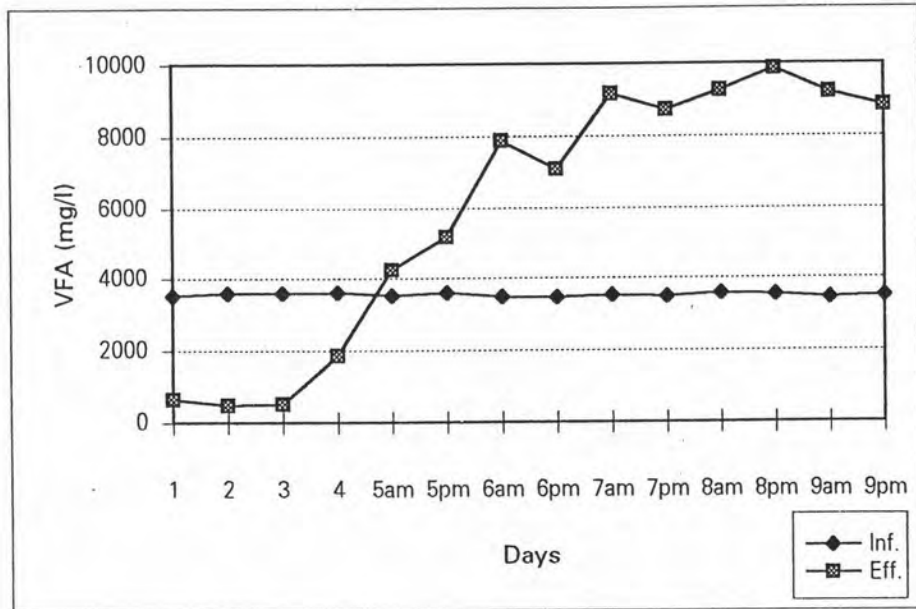
Unit 2 = m³/kgCODremoved

Unit 3 = m³/m³ reactor.d

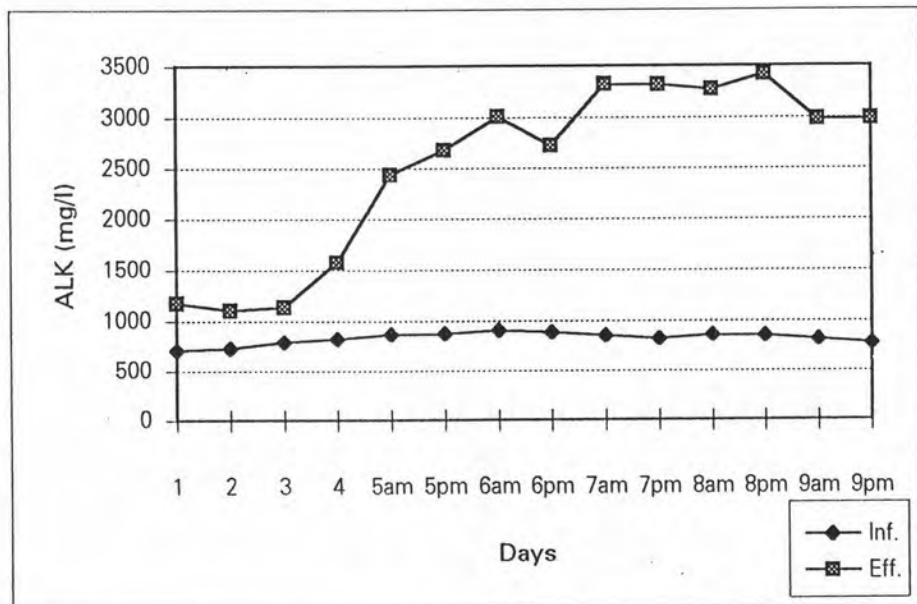
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบ
ในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 21.27 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน



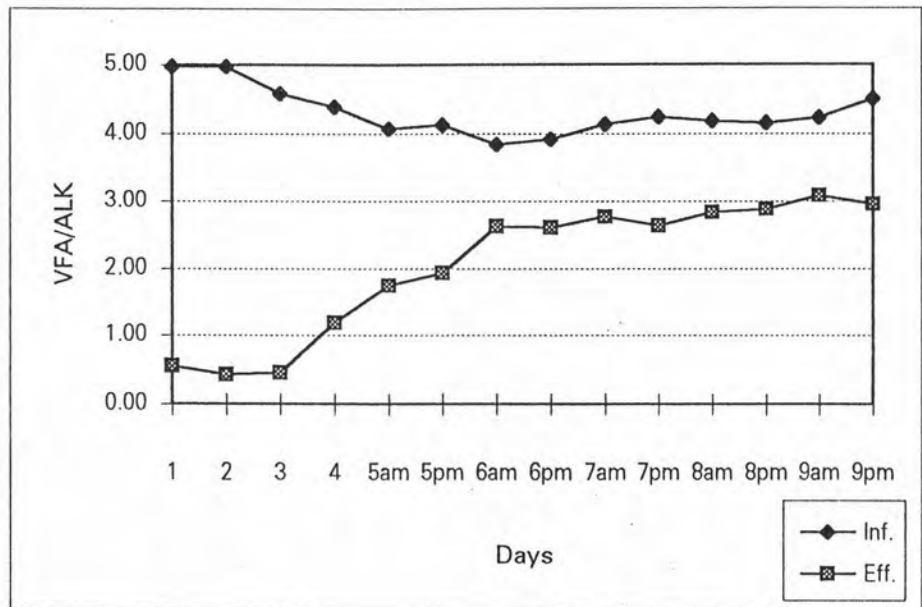
รูปที่ ค. 112 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



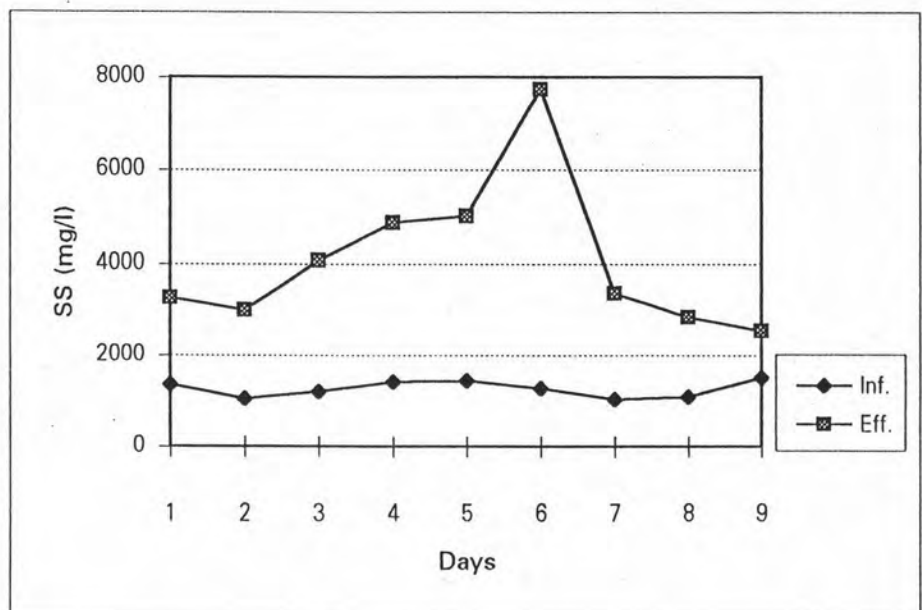
รูปที่ ค. 113 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



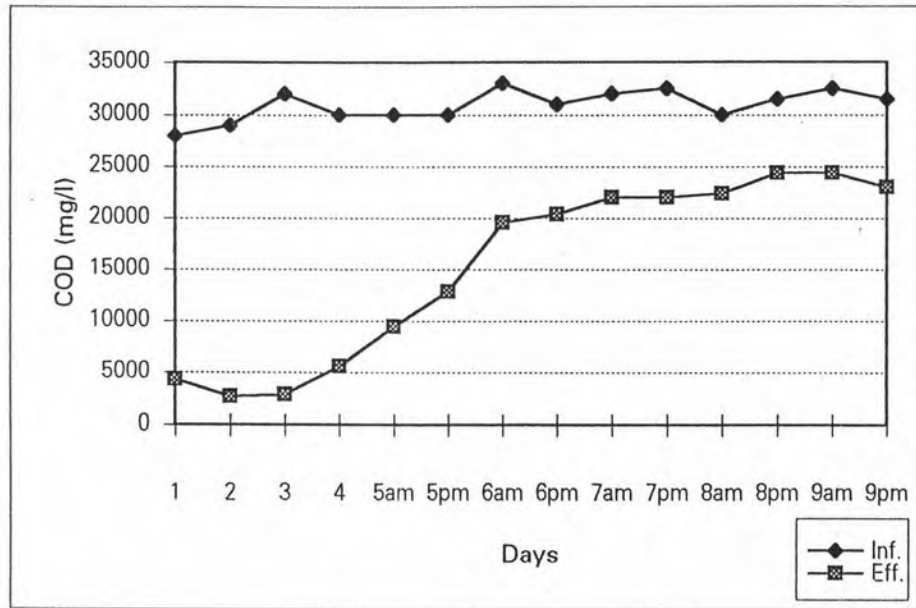
รูปที่ ค. 114 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



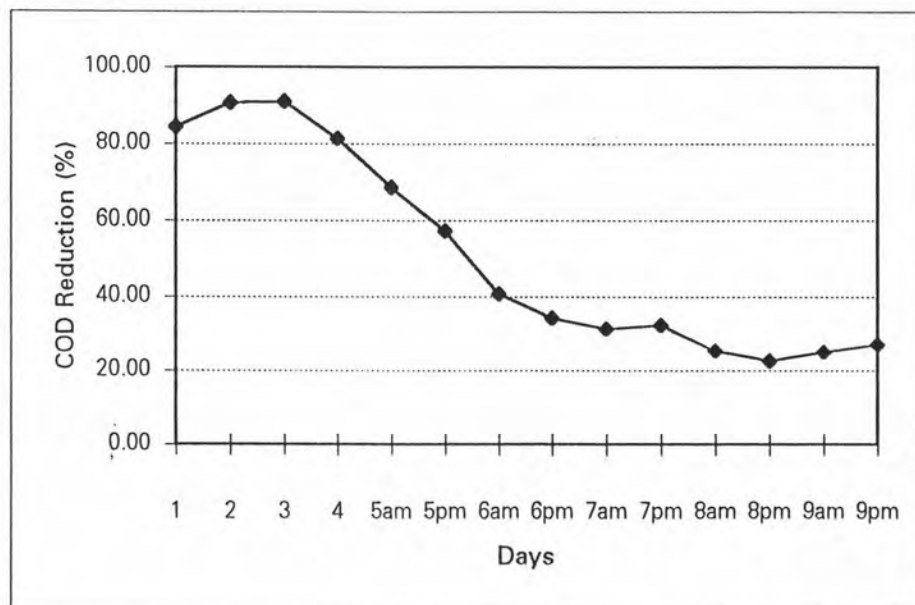
รูปที่ ค. 115 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยต่อค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



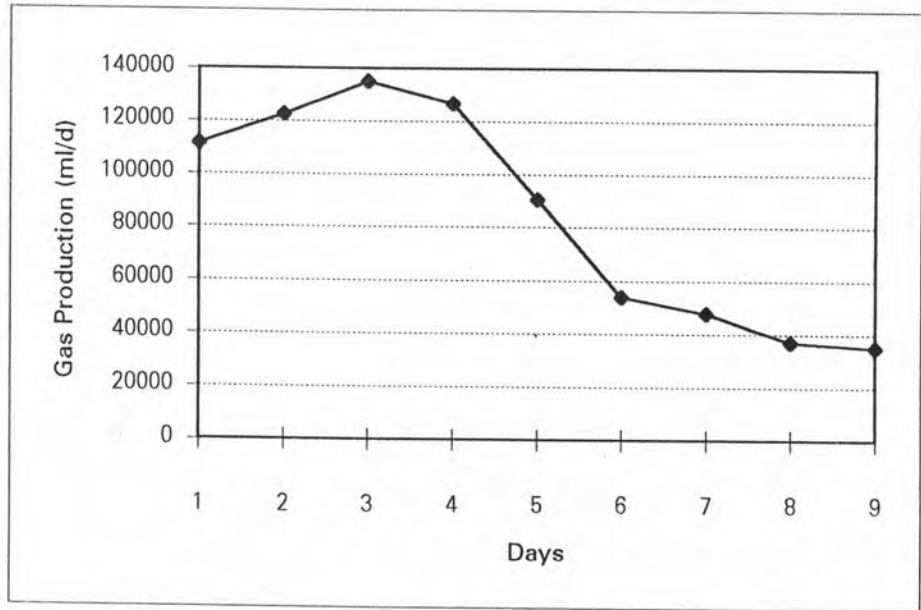
รูปที่ ค. 116 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



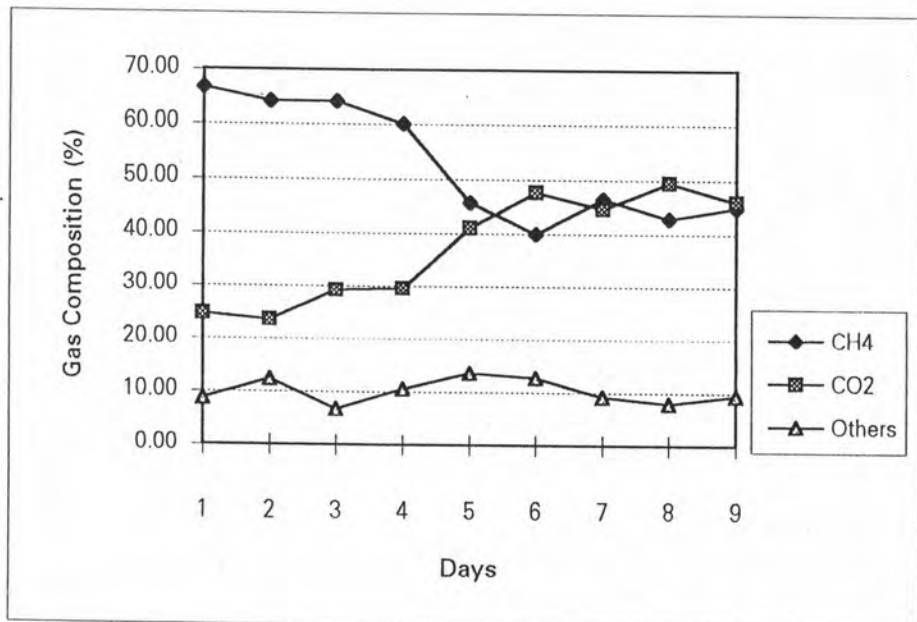
รูปที่ ค. 117 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ



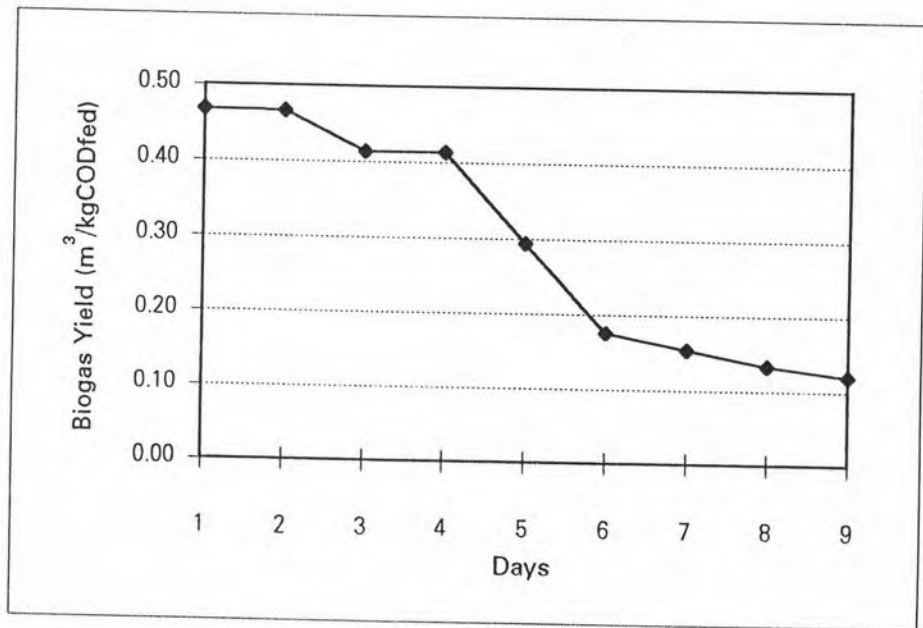
รูปที่ ค. 118 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์



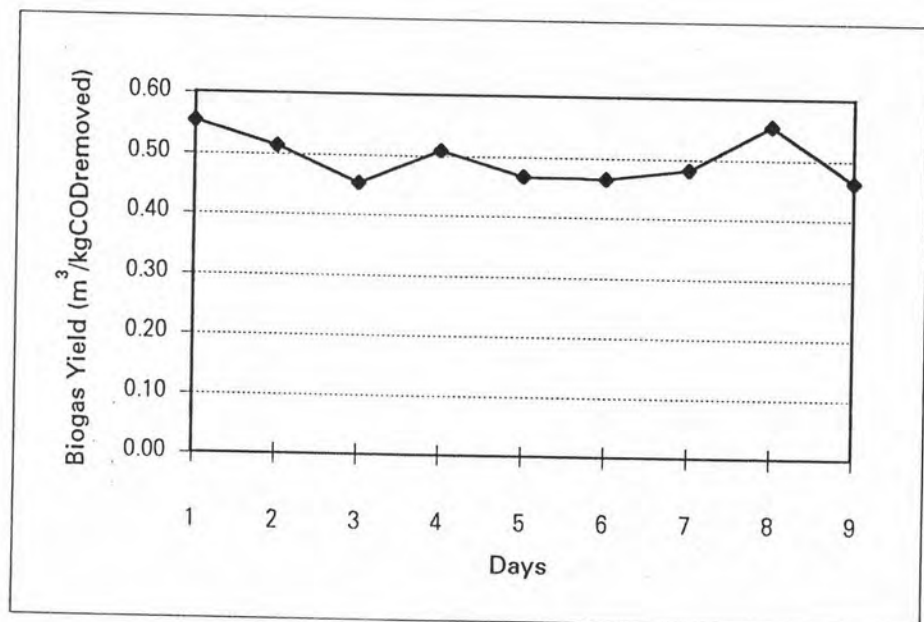
รูปที่ ค. 119 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



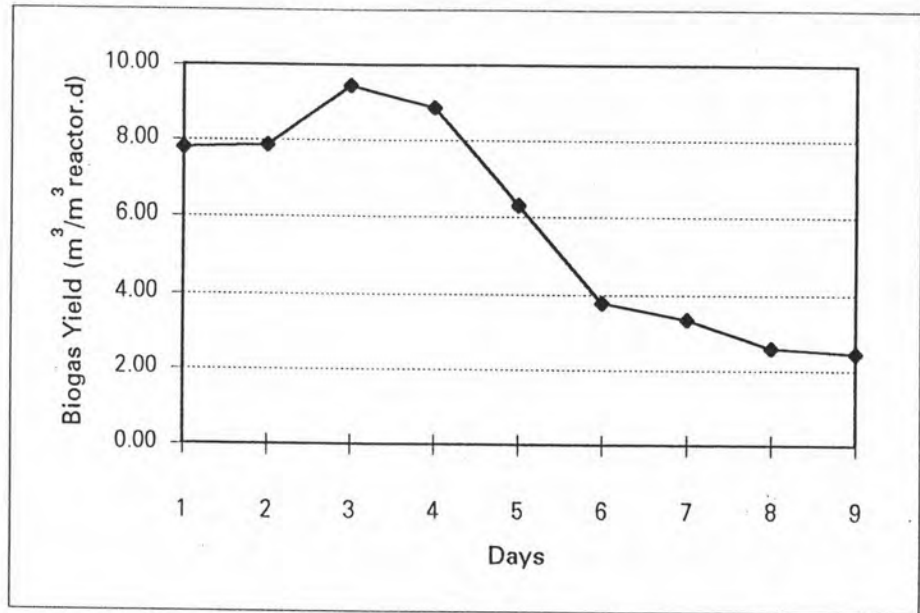
รูปที่ ค. 120 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้



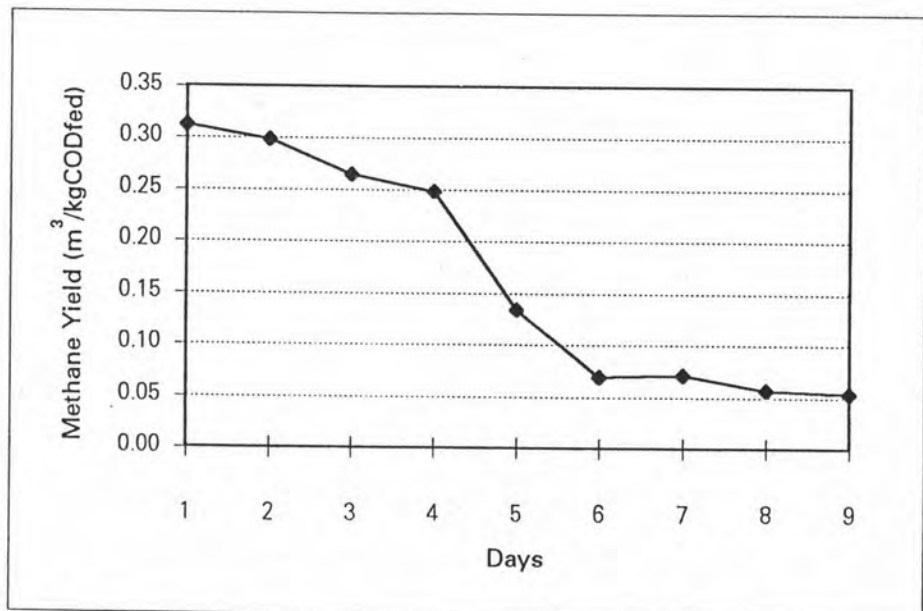
รูปที่ ค. 121 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



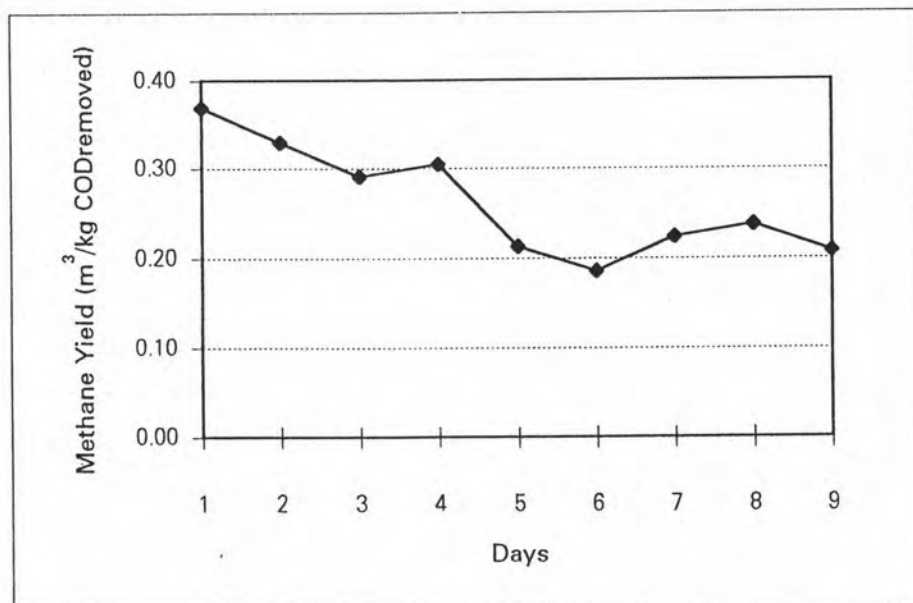
รูปที่ ค. 122 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



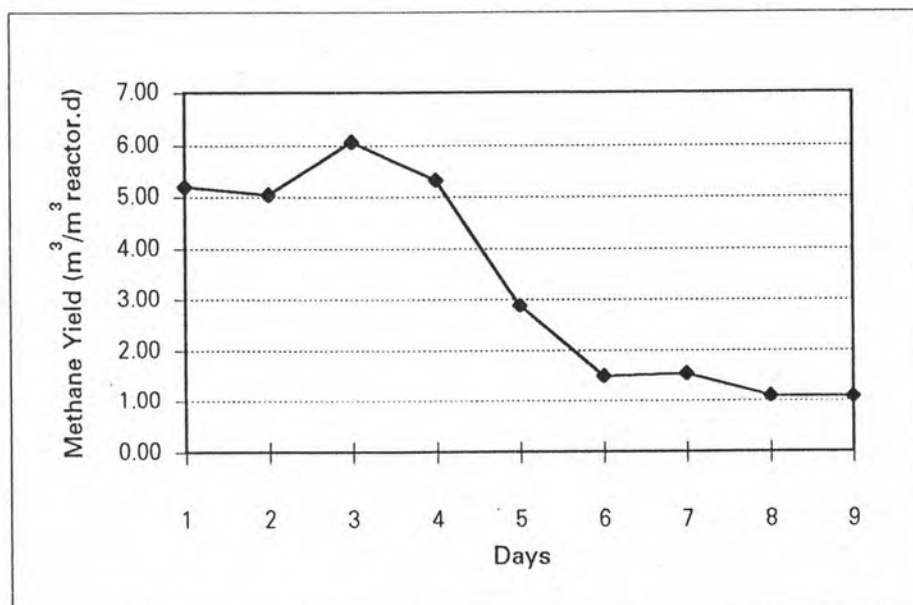
รูปที่ ค. 123 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณของถังหมัก



รูปที่ ค. 124 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ค. 125 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด



รูปที่ ค. 126 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยพิจารณาเทียบกับปริมาตรของถังหมัก

ภาคผนวก ง

ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล

ตารางที่ ง. 1 ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล (standard diviation) ของประสิทธิภาพของระบบหมัก
ที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้ภาวะคงตัว

Organic Loading kgCOD/m ³ .d	0.62	1.99	4.26	6.61	8.93	12.55	17.06	21.27
Biogas Yield:								
m ³ /kgCOD fed	0.0133	0.0165	0.0167	0.0174	0.0167	0.0219	0.0400	0.1294
m ³ /kgCOD removed	0.0148	0.0208	0.0169	0.0213	0.0202	0.0241	0.0432	0.0356
m ³ /m ³ reactor.d	0.0137	0.0163	0.0134	0.0521	0.0322	0.1459	0.3336	2.9613
Methane Yield:								
m ³ /kgCOD fed	0.0106	0.0109	0.0110	0.0038	0.0107	0.0164	0.0323	0.0916
m ³ /kgCOD removed	0.0118	0.0137	0.0113	0.0046	0.0132	0.0184	0.0349	0.0443
m ³ /m ³ reactor.d	0.0065	0.0169	0.0206	0.0407	0.0270	0.1407	0.3144	2.0792
COD Removal %	0.91	1.05	0.27	0.92	0.50	0.43	0.26	27.62

ตารางที่ 3.2 ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล (standard deviation) ของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้ภาวะคงตัว

Organic Loading	kgCOD/m ³	0.62	1.99	4.26	6.61	8.93	12.55	17.06	21.27
Feed									
COD	mg/l	157.40	626.40	1,238.89	1,000.85	1,561.44	2,984.08	1,976.04	1,000.45
pH		0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.07
VFA	mg/l	17.01	32.69	220.86	107.03	300.54	177.74	339.74	55.51
ALK	mg/l	13.50	2.44	20.00	41.88	76.96	27.95	88.82	39.79
VFA/ALK		0.19	0.04	0.25	0.16	0.28	0.23	0.21	0.23
SS	mg/l	98.09	80.04	55.43	79.51	273.67	90.82	132.88	182.47
UASB									
Average Flowrate	l/d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.52
HRT	days	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.08
COD	mg/l	35.46	134.87	97.29	393.44	187.21	283.65	230.28	8839.12
pH		0.04	0.17	0.09	0.08	0.10	0.06	0.07	0.81
VFA	mg/l	10.75	19.52	13.45	20.35	11.80	10.18	43.98	3648.48
ALK	mg/l	11.90	63.84	76.29	82.01	110.91	48.77	127.01	862.42
VFA/ALK		0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.07	0.97
SS	mg/l	23.27	32.30	48.43	1545.75	2113.06	942.89	788.64	1767.80
Gas Production	ml/d	110.11	233.45	195.17	745.19	460.09	2085.67	4770.65	42345.93
CH ₄	%	1.01	0.91	1.04	2.20	0.68	0.83	1.24	9.19
CO ₂	%	0.37	0.67	0.63	0.50	0.45	0.48	1.42	8.35
Other gasses	%	1.07	0.29	0.61	2.63	0.72	0.61	1.13	2.42

ประวัติผู้เขียน

นายสัมพันธ์ เขียวเหมือน เกิดวันเสาร์ที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2536 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537