รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชงชัย พรรณสวัสดิ์. 2535. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุเมธ ชวเดช. 2529. เอกสารรายงานทางวิชาการเรื่อง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ. หน้า 1-31. (อัดสำเนา).

_____. 2530. เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่อง ระบบหมักแก๊สชีวภาพแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี. (อัดสำเนา).

ภาษาอังกฤษ

Baccay, R.A., and Hashimoto, A.G. 1984. Acedogenic and methanogenic fermentation of causticized straw. Biotechnology and Bioengineering 22: 699-734.

Basu, A.K., and Leclerc, E. 1975. Comparative studies on treatment of beet molasses distillery waste by thermophilic and mesophilic digestion. Water Research 9: 103-109.

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: 148-163. Internation course on Anaerobic waste water treatment, Jun.26 - Aug.7. Wageningen Agricultural University.

————., and Andel, J.G. 1984. Hydrolysis and acidogenic fermentation of a protein, gelatin in an anaerobic continuous culture. Applied Microbiology and Biotechnology 20: 40-45.

Buhr, H.O., and Andrew, J.F. 1977. Review paper: The thermophilic anaerobic digestion process. Water Research 11: 129-143.

Chavadaj, S. 1988. Two-stage Anaerobic Process. Bangkok: Thailand of Scientific and Technology Research. (Mimeographed).

————., and Chattrakoon, S. 1991. Evaluation of full-scale UASB reactors treating distillery slops. (Mimeographed).

Christensen, D.R., Gerick, J.A., and Eblen, J.E. 1984. Design an operation of an upflow anaerobic sludge blanket reactor. Journal of the Water Pollution Control Federation 56: 1059-1062.

Cooney, C.L., and Wise, D.L. 1975. Thermophilic anaerobic digestion of solid waste for fuel gas production. Biotechnology and Bioengineering 17: 1119-1135.

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.

————., and Klass, D.L. 1977. Two phase anaerobic digestion. US.Pat. 4,022,665.

Ghosh, S., and Pohland, F.G. 1974. Kinetic of substrate assimilation and product formation in anaerobic digestion. Journal of the Water Pollution Control Federation 46: 748-759.

Gijzen, H.J., Zwart, K.B., Verhagen, J.M., and Vogels, G.D. 1988. High-rate two-phase process for the anaerobic degradation of cellulose, employing rumen microorganisms for an efficient acidogenesis. Biotechnology and Bioengineering 31: 418-425.

Godwin, S.J., Wase, D.A.J., and Forster, C.F. 1982. Use of upflow anaerobic sludge blanket reactor to treat acetate rich waste. Process Biochemistry (July/August): 33-34, 45.

Hansson, G. 1982. End product inhibition in methane fermentations. Process Biochemistry (November/December): 45-49.

Klass, D.L. 1984. Methane from anaerobic fermentation. Science 223: 1021-1028.

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(No. 4): 718-727.

Lettinga, G., and Hulshoff Pol, L.W. 1991. Application of modern high rate anaerobic treatment processes for wastewater treatment. New Developments in Industrial Wastewater Treatment: 33-64. Netherlands: Kluwer Academic.

Lettinga, G., Velsen, A.F.M., Hobma, S.W., Zeeuw, W., and Klapwijik, A. 1980. Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnology and Bioengineering 22: 699-734.

Lier, J. 1991. Thermophylic wastewater treatment. Anaerobic Reactor Technology: 67-85. International course on anaerobic waste water treatment, Jun.26 - Aug.7. Wageningen Agricultural University.

Lo, K.V. and Liao, P.H. 1985. Two-phase anaerobic digestion of screened dairy manure. Biomass 8: 81-90.

Maly, J., and Fadrus, H. 1971. Influence of temperature on anaerobic digestion. Journal of the Water Pollution Control Federation 43: 641-650.

Mueller, J.A., and Mancini, J.L. 1975. Anaerobic filter - Kinetic and application. Proceeding of The 30th Industrial Waste Conference: 423-447.

Ng, W.J., Wong, K.K., and Chin, K.K. 1985. Techniacl note: Two-phase anaerobic treatment kinetics of palm oil wastes. Water Research 19: 667-669.

Pohland, F.G., and Ghosh, S. 1971. Development in anaerobic treatment process. In R.P. Canale (ed.), Biological Waste Treatment, pp. 85-106. New York: Wiley Interscience Publisher.

Riera, F.S., Cordoba, P., and Sinerizt, F. 1985. Use of UASB reactor for the anaerobic treatment of stillage from sugar cane molasses. Biotechnology and Bioengineering 27: 1710-1716.

Romero, L.I., Sales, D., Cantero, D., and Galan, M.A. 1988. Thermophilic anaerobic digestion of winery waste (vinasses): kinetics and process optimization. Process Biochemistry (August): 119-125.

Wiegant, W.M., and Man, A.W.A. 1986. Granulation of biomass in thermophilic upflow anaerobic sludge blanket reactor treating acidified wastewater. Biotechnology and Bioengineering 28: 718-727.

Young, J.C., and McCarty, P.L. 1969. The anaerobic filter for waste treatment. Journal of the Water Pollution Control Federation 41(No. 5, Part 2): R160-R173.

Zinder, S.H., Anguish, T., and Cardwell, S.C. 1984. Effect of temperature on methanogenesis in a thermophilic (58 °C) anaerobic digestor. Applied and Environmental Microbiology 47 (No.4): 808-813.

Zinder, S.H., Cardwell, S.C., Anguish, T., Lee, M., and Koch, M. 1984. Methanogenesis in a thermophlic (58 °C) anaerobic digestro: *Methanothrix* sp. as an important aceticlastic methanogen. Applied an Environmental Microbiology 47(No. 4): 796-807.

Zoetemeyer, R.J., Arnoldy, P., Cohen, A., and Boelhouwer, C. 1982. Influence of temperature on the anaerobic acidification of glucose in mixed culture forming part of a two-stage digestion process. Water Research 16: 313-321.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ค่าดรรชนีต่าง ๆ สำหรับน้ำเสียในงานวิจัย

ก 1 pH

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

เครื่องมือและอุปกรณ์

pH meter

สารเคมีที่ใช้

สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH 4 และ 7

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่อง pH Meter:Model 7020 โดยบริษัท Electronic Instrument จำกัด

หมายเหตุ : รายละเอียดการใช้เครื่อง pH meter ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้น ๆ

ก 2 COD (Chemical Oxygen Demand)

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

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการรีฟลักซ์ ประกอบด้วย

1. ขวดรีฟลักซ์ เป็นขวดกลมขนาด 250 มล.
2. เครื่องควบแน่น (condenser)
3. เตาชนิด hot plate หรือ heating mantle ซึ่งสามารถให้

กำลังไฟฟ้าอย่างน้อย 1.4 วัตต์ต่อตร.ซม. ที่ผิวหน้าเตา

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตมาตรฐาน เข้มข้น 0.25 N.

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ซึ่งอบแห้งที่ 103 °ซ เป็นเวลา 2 ชม. หนัก 12.259 กรัม ลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. จากนั้นเติมกรดซัลฟามิก ปริมาณ 120 มล.ต่อลิตรของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (เพื่อกำจัด NO_2^-)

2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) 22 กรัม ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2.5 ลิตร หรือ 1 ขวด (ต้องใช้เวลาในการละลาย 1-2 วัน)

3. สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) เข้มข้นประมาณ 0.25 โมลต่อลิตร

ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตหนัก 39 กรัมในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 20 มล. คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล.

สารละลายนี้ต้องนำมาหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตก่อนจะนำไปใช้ไตเตรตเสมอ

การหาความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตมา 10.0 มล. เติมน้ำกลั่น 90 มล. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 30 มล. ทิ้งให้เย็น แล้วนำมาไตเตรตกับสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อถึงจุดยุติสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง จดปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

การคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (โมลต่อลิตร)

$$N = \frac{\text{ปริมาตรของ } K_2Cr_2O_7 \times 0.25}{\text{ปริมาตรของ } Fe(NH_4)_2(SO_4)_2}$$

4. สารละลายเฟอโรอิน อินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator solution) ละลาย 1,10-ฟีแนนโธรลิน โมโนไฮเดรต 1.485 กรัม และเฟอรัส-แอมโมเนียมซัลเฟต 695 มก.ในน้ำ 100 มล.

5. เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต ($HgSO_4$)

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่าง โดยใส่เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต ประมาณ 0.4 กรัมลงในขวดรีฟลักซ์ เติมน้ำตัวอย่างที่ผ่านการเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาทีแล้ว และนำมาทำให้เจือจางจำนวน 20.0 มล. เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต จำนวน 10.0 มล. แล้วค่อย ๆ รินกรดซัลฟูริกซึ่งมีซิลเวอร์ซัลเฟตอยู่ จำนวน 30 มล.ลงไป ใส่ลูกแก้วลงไป 5-6 เม็ด เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเดือดอย่างรุนแรง แกว่งขวดรีฟลักซ์เบา ๆ เพื่อให้สารในขวดผสมเข้ากันดี

2. เตรียมแบลงค์ (blank) ทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างแต่ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

3. นำขวดตัวอย่างและแบลงค์ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่น เปิดเตา รีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ล้างเครื่องควบแน่นด้วยน้ำกลั่นก่อนที่จะถอดเครื่องควบแน่นออกจากขวดรีฟลักซ์

4. เจือจางส่วนผสมด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 140 มล. ทิ้งให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงไตเตรตหาปริมาณของไดโครเมตที่เหลือด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอรัส-แอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งใช้ประมาณ 2-3 หยด เมื่อถึงจุดยุติ สีของสารละลายในขวดจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลแดง จดปริมาตรของสารละลายเฟอรัส-แอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{COD (มก.ต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times N \times 8{,}000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \times \text{dilution factor}$$

A = ปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตแบลงค์

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตน้ำตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ก 3 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

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

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. pH meter
2. stirrer plate พร้อมแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 N. ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอนโดยไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการเหวี่ยงที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ปริมาณ 10.0 มล. เติมน้ำกลั่น 100 มล.
2. ไตเตรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจนได้ pH เท่ากับ 4.0 มีการกวนผสมตลอดเวลาในระหว่างไตเตรต จดปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

การคำนวณ

ALK (มก.ต่อลิตร ในรูปของ $CaCO_3$)

$$= \frac{\text{ปริมาตร HCl ที่ใช้ x ความเข้มข้นของ HCl x 50,000}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

ก 4 กรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid, VFA)

ที่มา กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522; ชงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535 ; APHA, 1989

เครื่องมืออุปกรณ์

1. เครื่องหมุนเหวี่ยง ชนิดมีหัวสำหรับใส่หลอดขนาด 15 มล.
2. ขวดกลั่นขนาด 500 มล.
3. เครื่องควบแน่น มีความยาว 30 นิ้ว
4. ขวดรองรับของเหลวที่กลั่นได้
5. ขวด flask ขนาด 1,000 มล. สำหรับเป็นที่กำเนิดไอน้ำ

สารเคมีที่ใช้

1. กรดซัลฟูริก เข้มข้น 1:1
2. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร
3. ฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการเหวี่ยงแยกที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ปริมาณเหมาะสม (ขึ้นกับว่าในตัวอย่างมีกรดไขมันระเหยมากน้อยเท่าใด สำหรับน้ำกากส่าที่ใช้ในงานวิจัย จะใช้ปริมาณตัวอย่าง 20.0 มล.) ใส่ลงในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่น 80 มล. และเติมกรดซัลฟูริก 1:1 ลงไป 5 มล. เขย่าให้เข้ากัน

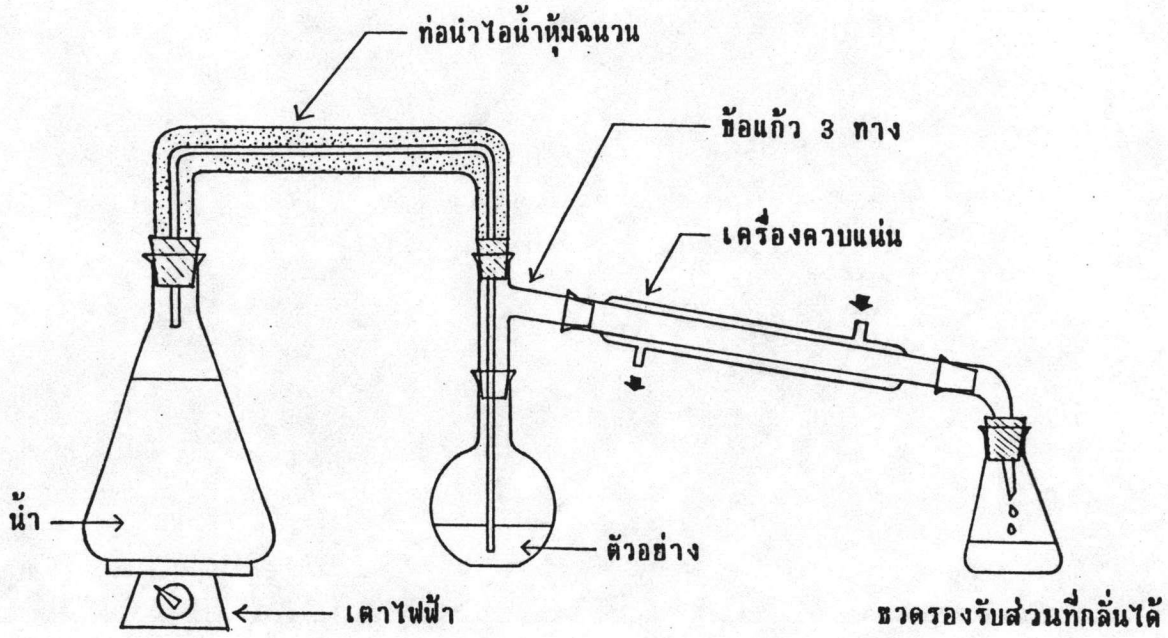
2. นำไปต่อเข้ากับเครื่องมือกลั่น ดังรูป ก.1 กลั่นด้วยอัตรา 5 มล./นาที เก็บส่วนที่กลั่นให้ได้ 150 มล.

3. นำส่วนที่ได้จากการกลั่น มาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมล/ลิตร โดยใช้ฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จนได้สีชมพูอ่อนที่ไม่เปลี่ยนแปลง จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

การคำนวณ

VFA (มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก)

$$= \frac{\text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต} \times 60,000 \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH}}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้}}$$



รูปที่ ก.1 เครื่องมือวิเคราะห์หากรดไขมันระเหย (VFA)

ก 5 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS)

ที่มา กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522; ชงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535 ; APHA, 1989

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่าศูนย์กลาง 7.0 ซม.
2. กรวยบุกเนอร์ และขวดสำหรับ suction
3. เครื่องดูดอากาศ (respirator)

4. เดสสิกเกเตอร์ (desiccator)

5. เตาอบ

6. เครื่องชั่งอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่ 103 °ซ ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสสิกเกเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรอง (ให้เป็น A มก.)

2. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ ซึ่งจะให้ค่าปริมาณของแข็งประมาณอย่างน้อยที่สุด 2.5 มก. เพิ่มจากน้ำหนักกระดาษกรอง

3. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุกเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับขวด suction และเครื่องดูดอากาศ

4. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างกระดาษกรองก่อน จึงค่อย ๆ รินน้ำตัวอย่างลงบนกระดาษกรองจนหมด ล้างภาชนะและกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง ปล่อยให้เกิดการกรองจนกระดาษแห้ง

5. ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบ คีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น กระจกนาฬิกา จานเพาะเชื้อ นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 °ซ จนแห้งดี ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

6. ทิ้งให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้องในเดสสิกเกเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองใหม่ (ให้เป็น B มก.)

การคำนวณ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก.ต่อลิตร)

$$= \frac{\text{น้ำหนักกระดาษที่เพิ่มขึ้น } (B-A) \times 1{,}000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}}$$

ก 6 เอมแอลเอสเอส (Mixed Liqour Suspened Solids, MLSS)

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

วิธีวิเคราะห์

ใช้วิธีการเช่นเดียวกับการหาสารแขวนลอย หรือ SS โดยใช้น้ำตะกอน หรือมิกซ์ลิเคอร์จากถังหมักแทนน้ำตัวอย่าง

ก 7 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยเครื่องวัดก๊าซแบบออร์แสท (Orsat gas Analysis)

ที่มา ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535 ; APHA, 1989

หลักการทั่วไป

ตัวอย่างก๊าซที่ได้จากการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน เช่น CO_2, O_2 และอื่น ๆ สามารถถูกดูดกลืน (absorb) ได้โดยสารดูดก๊าซ (absorbant) ที่เหมาะสม ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะ (vessel) ที่ใส่สารดูดกลืนนั้น ๆ เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ใช้ดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), อัลคาไลน์ไพโรแกลลอล (alkaline pyrogallol) ใช้ดูดกลืนก๊าซออกซิเจน (O_2), และแอมโมนีคอลคิวปรัส (ammonical cuprous) ใช้ดูดกลืนก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เป็นต้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดก๊าซแบบออร์แสท ดังแสดงในรูป ก.2

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 10 %

   ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ละลายในน้ำ 100 มล.

2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 10 %

   ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัม ละลายในน้ำ 100 มล. แล้วใส่ฟีนอฟทาลีน 2-3 หยด สารละลายนี้จะใส่ในขวดปรับระดับ (levelling bottle)

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดวาล์ว 1

2. ใส่สารดูดกลืนก๊าซ (KOH) ลงในภาชนะดูดซึม (absorption vessel) และใส่ NaCl ลงในขวดปรับระดับ ให้มากพอที่เมื่อยกขวดปรับระดับให้สูงขึ้นถึงระดับเหนือเครื่องมือแล้ว NaCl จะเต็มบิวเรตพอดี ปิดวาล์ว 1

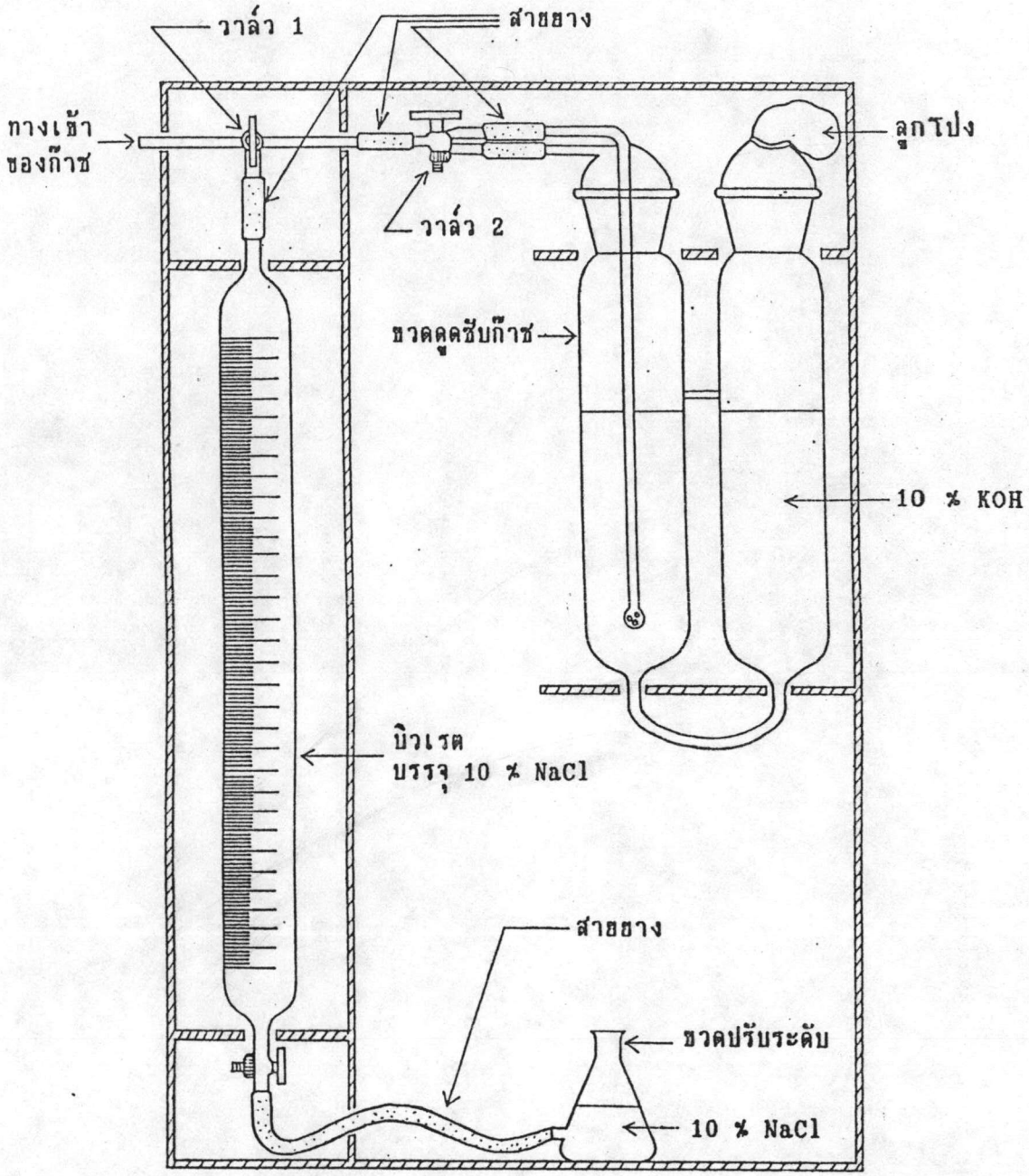
3. เปิดวาล์ว 1 ไปทางขวาเพื่อเก็บตัวอย่างก๊าซจากถังหมัก โดยให้ก๊าซเข้าไปแทนที่ NaCl ในบิวเรต ปิดวาล์ว 1 เมื่อได้ก๊าซเป็นปริมาณที่ต้องการ อ่านปริมาตรที่ได้โดยต้องให้ระดับน้ำในขวดปรับระดับและในบิวเรตเท่ากันด้วย (ให้เป็น A มล.)

4. เปิดวาล์ว 1 ขึ้นข้างบนเพื่อให้ก๊าซไหลผ่านไปสู่ภาชนะใส่สารดูดกลืน โดยเมื่อเปิดวาล์ว 2 และยกขวดปรับระดับขึ้นสูง ก๊าซจะไหลเข้าสู่ภาชนะ เกิดการดูดกลืน และเมื่อปิดวาล์ว 2 และยกขวดปรับระดับลงต่ำ ก๊าซจะไหลออก เกิดการ desorption ออกจากสารละลาย KOH ทำเช่นนี้ซ้ำไปมา 5-6 ครั้ง จนสามารถอ่านปริมาตร NaCl ในบิวเรตในลักษณะเดียวกับข้อ (2) ได้คงที่ จดปริมาตร NaCl ที่อ่านได้ (ให้เป็น B มล.)

การคำนวณ

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

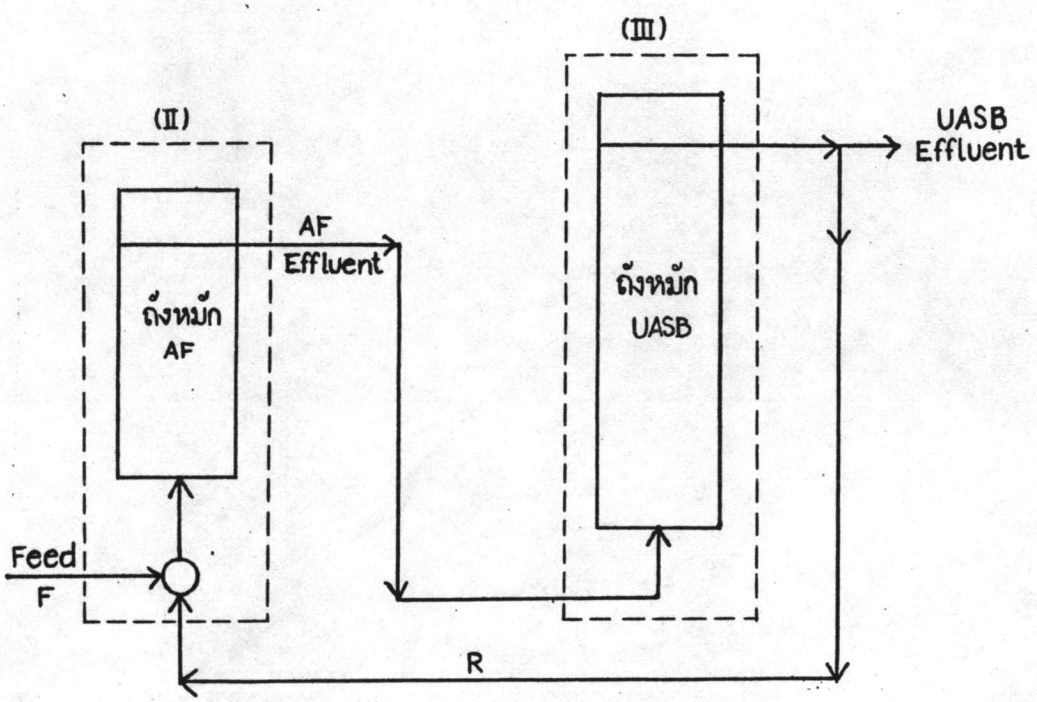
$$\% CH_4 \text{ และอื่น ๆ} = 100 - \% CO_2$$



รูปที่ ก.2 เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซแบบออร์แสท

ภาคผนวก ข

การคำนวณอัตราการป้อนสารอินทรีย์



รูปที่ ข.1 แผนภาพแสดงระบบหมักที่ใช้ในงานวิจัย

อัตราการป้อนสารอินทรีย์สามารถหาได้จากสูตรพื้นฐาน คือ

อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน)

$$= \frac{\text{ค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าระบบ x อัตราการไหล}}{\text{ปริมาตรของถังหมัก}}$$

1. <u>อัตราการป้อนสารอินทรีย์ทั้งระบบ</u>

พิจารณาเทียบกับปริมาตรของถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี

อัตราการป้อนสารอินทรีย์ทั้งระบบ (กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน)

$$= \frac{COD_f \times F_{AF} \times 10^{-3}}{(R+1) \times V_{UASB}}$$

เมื่อ COD_f = COD ของน้ำกากส่าที่เตรียมได้ก่อนเข้าระบบ (มก./ล.)

F_{AF} = อัตราการไหลของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ถังหมักกรดแบบตัวกลางกรอง (ลิตร/วัน)

R = อัตราส่วนการรีไซเคิล

$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ}}{\text{ปริมาณน้ำกากส่าที่เตรียมใหม่}}$$

V_{UASB} = ปริมาตรของถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี = 35 ลิตร

2. <u>อัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับถังหมักกรดแบบตัวกลางกรอง</u>

พิจารณารอบถังหมักกรดแบบตัวกลางกรอง

อัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับถังหมักกรด (กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน)

$$= \frac{(COD_f + R.COD_R)}{(R+1)} \times \frac{F_{AF} \times 10^{-3}}{V_{AF}}$$

เมื่อ COD_R = COD ของน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ (มก./ล.)

V_{AF} = ปริมาตรของถังหมักกรด = 6.8 ลิตร

3. <u>อัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี</u>

พิจารณารอบถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี

อัตราการป้อนสารอินทรีย์สำหรับถังหมักมีเทน (กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน)

$$= \frac{COD_{AF} \times F_{UASB} \times 10^{-3}}{V_{UASB}}$$

เมื่อ COD_{AF} = COD ของน้ำกากส่าที่ออกจากถังหมักกรด (มก./ล.)

F_{UASB} = อัตราการไหลของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ถังหมักมีเทน (ลิตร/วัน)

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ข้อมูลการทดลองในรูปตารางและกราฟแสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ในแต่ละวันตลอด 384 วันของการทดลอง รวมถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ (ในรูปของสารอินทรีย์ที่ลดลง (%)) และประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนจากถังหมักกรดแบบตัวกลางกรอง และถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี โดยแบ่งตามอัตราการป้อนสารอินทรีย์ดังนี้

ตาราง ค. 1 และ รูปที่ ค. 1-ค. 9 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.49 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 2 และ รูปที่ ค.10-ค.20 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.01 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 3 และ รูปที่ ค.21-ค.31 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.03 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 4 และ รูปที่ ค.32-ค.41 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.03 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน (หลังจากเติมตะกอนแบคทีเรียลงในถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี)

ตาราง ค. 5 และ รูปที่ ค.42-ค.52 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.98 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 6 และ รูปที่ ค.53-ค.63 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.38 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 7 และ รูปที่ ค.64-ค.74 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 8.20 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 8 และ รูปที่ ค.75-ค.85 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.02 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

ตาราง ค. 9 และ รูปที่ ค.86-ค.96 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.95 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน (หลังจากเปลี่ยนอัตราส่วนการรีไซเคิลจาก 1:1 เป็น 3:1)

ตาราง ค.10 และ รูปที่ ค.97-ค.107 แสดงค่าดรรชนีต่าง ๆ และประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 13.05 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน

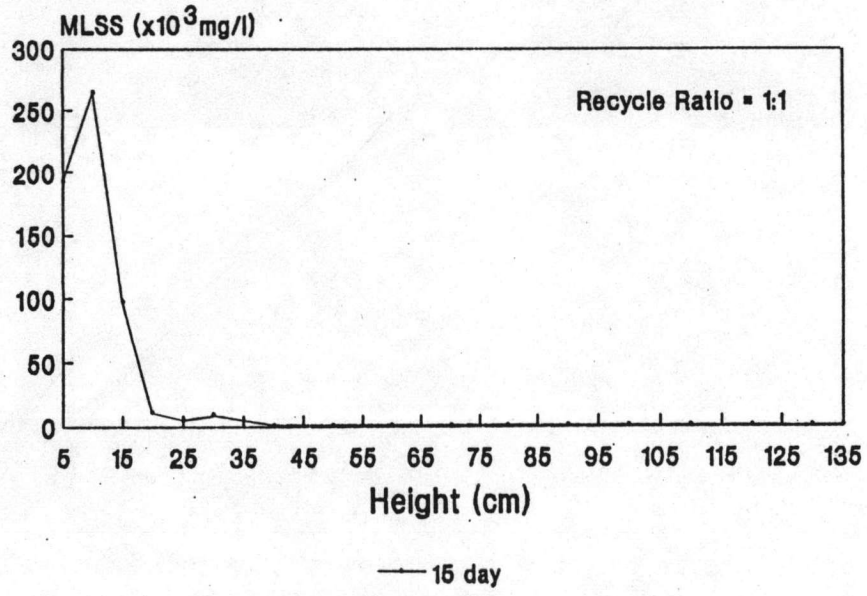
ตาราง ค.1 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.49 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหลเข้าถังหมัก AF (lit/day)	ระยะเวลากักเก็บใน AF (days)	อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3. day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)			pH		
				Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
15	4.00	1.70	0.51	8,909	4,285	3,872				109	297	140	5.1	7.5	7.8
16	4.00	1.70	0.51	8,909	4,411	3,764	30.98	14.67	57.75	109	332	122	5.1	7.4	7.7
18	4.00	1.70	0.51	8,909	5,152	3,788	18.69	26.48	57.48	109	461	56	5.1	7.2	7.5
19	4.00	1.70	0.49	8,654	5,245	3,887	17.38	25.89	56.37	84	404	126	5	7.3	7.8
22	4.00	1.70	0.49	8,654	5,424	4,331	13.50	20.15	49.95	84	321	182	5	6.9	7.3
23	4.00	1.70	0.49	8,654	4,655	4,210	28.30	9.56	51.35	84	293	140	5	7.3	7.6
24	4.00	1.70	0.51	8,853	5,160	4,520	19.78	12.40	47.77	70	377	154	5.6	6.5	7.5
25	4.00	1.70	0.51	8,853	5,437	4,445	18.69	18.25	49.79	70	363	154	5.6	6.4	7.3
26	4.00	1.70	0.51	8,853	5,476	4,524	17.64	17.38	48.90	70	363	154	5.5	6.8	7.4
27	4.00	1.70	0.51	8,853	5,635	4,524	15.75	19.72	48.90	70	349	154	5.5	6.6	7.4
29	4.00	1.70	0.49	8,629	5,363	4,597	19.82	14.28	48.07	98	332	112	5.6	6.7	7.5
30	4.00	1.70	0.49	8,607	5,246	4,754	20.67	9.38	44.91	84	279	140	5.6	7.2	7.6
31	4.00	1.70	0.49	8,642	5,391	4,732	19.30	12.22	45.02	84	279	210	5.7	7	7.2
32	4.00	1.70	0.49	8,583	5,587	4,737	16.45	15.21	45.19	84	279	168	5.8	7	7.3
33	4.00	1.70	0.51	8,871	5,565	5,081	16.44	8.70	40.80	84	279	168	5.9	7.1	7.4
36	4.00	1.70	0.51	8,960	5,720	5,120	18.00	10.49	42.28	93	251	112	5.8	7.3	7.4
37	4.00	1.70	0.48	8,434	5,381	4,578	23.57	14.92	48.91	98	223	70	6	7.2	7.3
38	4.00	1.70	0.48	8,434	5,640	4,640	13.31	17.73	44.98	98	237	70	6	7	7.3
39	4.00	1.70	0.49	8,492	5,476	4,643	16.23	15.21	44.95	98	265	98	5	7.2	7.4
40	4.00	1.70	0.58	10,117	5,331	4,864	18.83	8.76	42.72	98	279	140	5	7.1	7.3
43	4.00	1.70	0.58	10,195	5,292	4,514	29.35	14.70	55.38	98	223	56	5	7.4	7.3
44	4.00	1.70	0.52	9,020	5,333	4,784	27.49	10.29	53.08	98	237	140	4.7	7.4	7.7

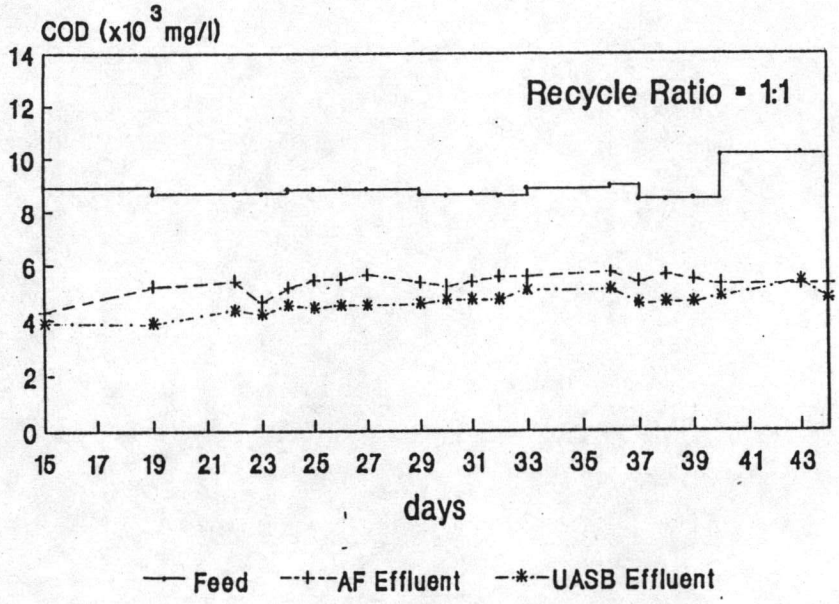
ตาราง ค. 1 (ต่อ)

วันที่	สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB (ml/day)	องค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากถังหมักUASB (%)	
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent		CO_2	CH_4
15				320	604	610	282	-	-
16							-	-	-
18							-	19.41	80.59
19	509	1,590	1,526				671	-	-
22				390	515	1,955	884	26.04	73.96
23							550	-	-
24							821	-	-
25							620	-	-
26	509	1,654	1,590				918	-	-
27							1,101	22.63	77.37
29				85	215	290	1,289	-	-
30							1,084	23.70	76.30
31							1,173	-	-
32							1,028	22.83	77.17
33	509	1,526	1,717				1,092	-	-
36				125	210	1,715	1,856	25.95	74.05
37							1,141	-	-
38							1,219	25.33	74.67
39	318	1,717	1,781				1,308	-	-
40							1,113	-	-
43							1,612	21.31	78.69
44							800	20.50	79.50

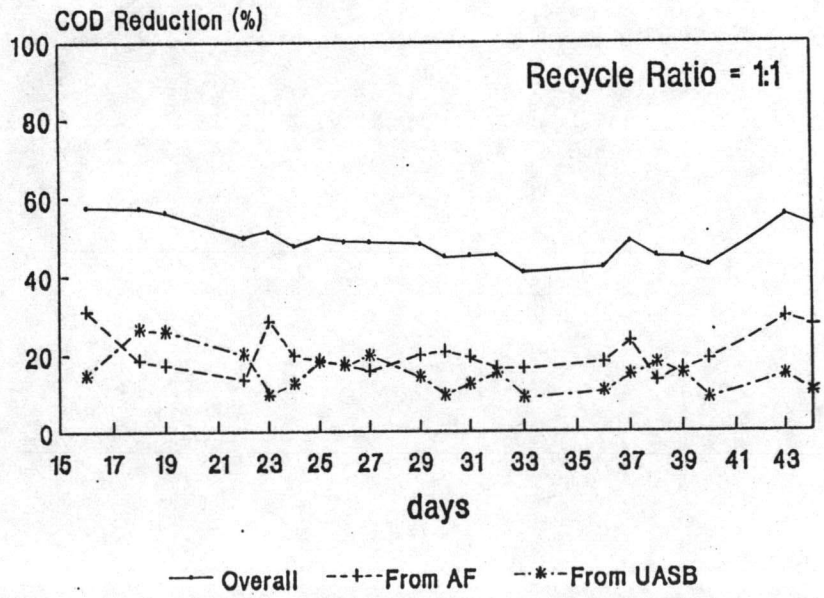
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.49 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



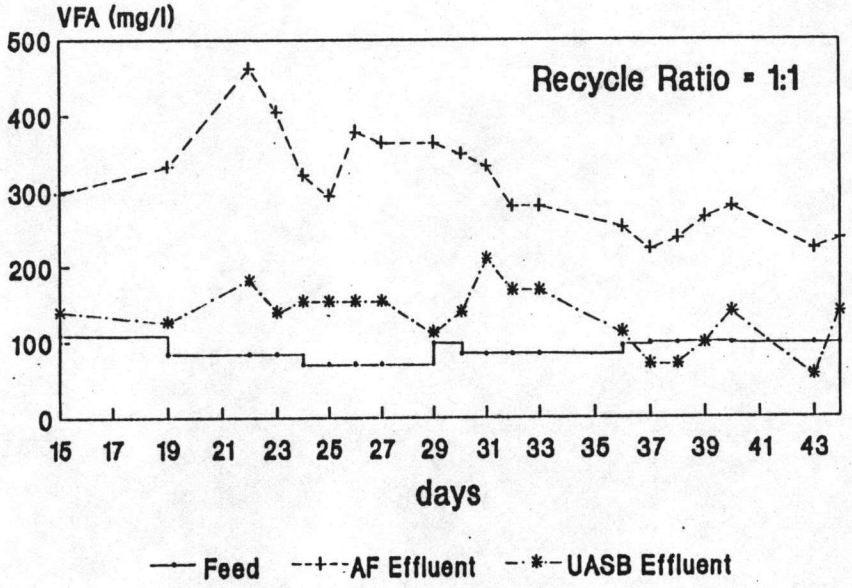
รูปที่ ค.1 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 15 หลังจากเริ่มทดลอง



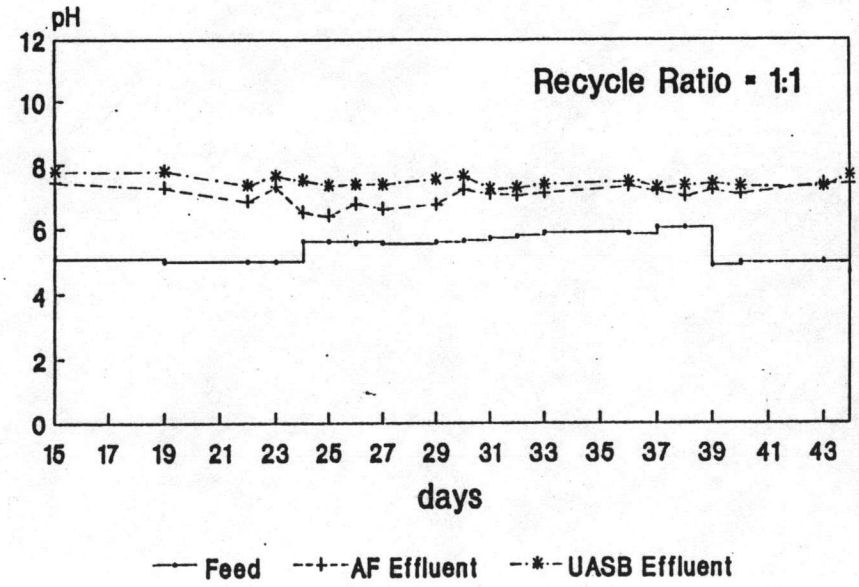
รูปที่ ค.2 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



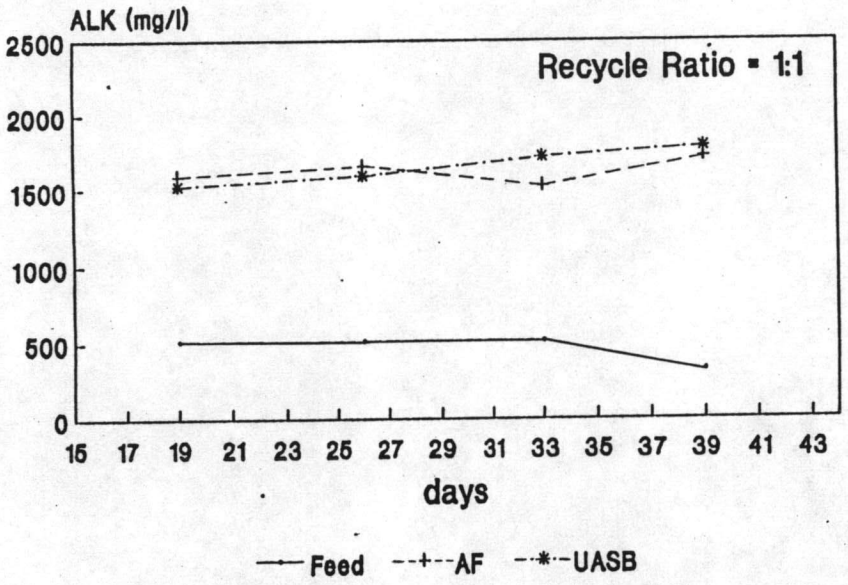
รูปที่ ค.3 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



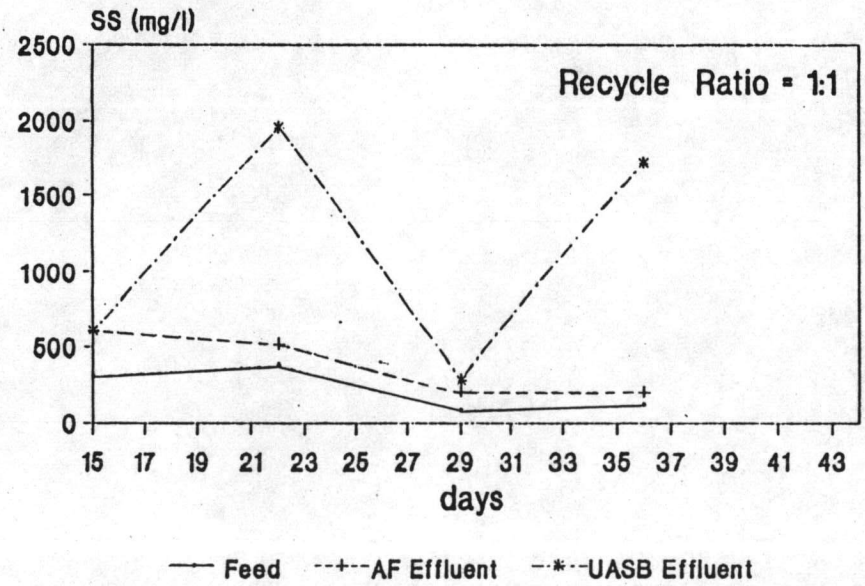
รูปที่ ค.4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



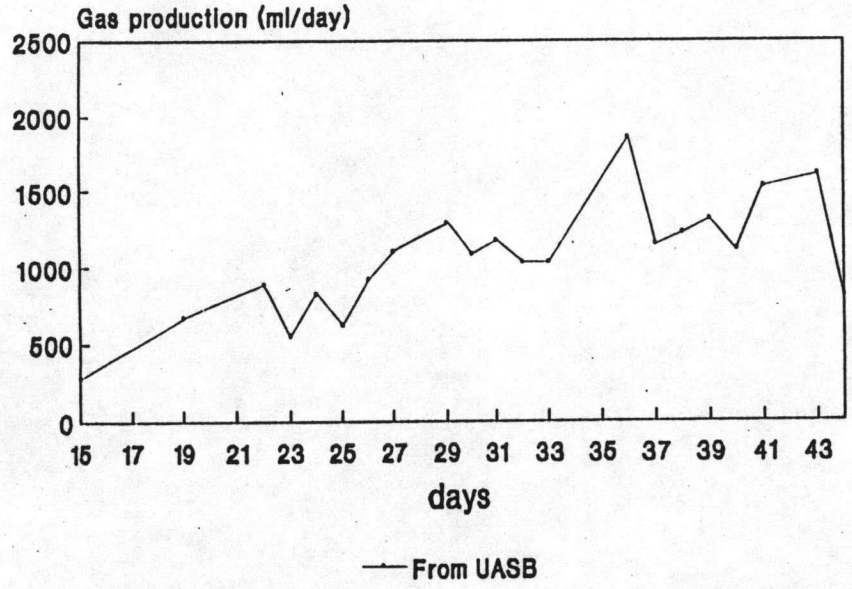
รูปที่ ค.5 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



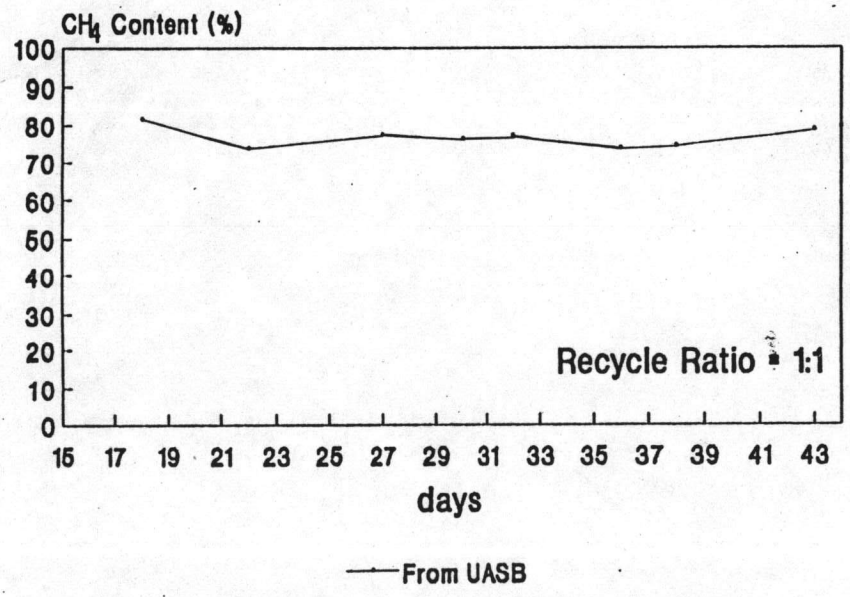
รูปที่ ค.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.8 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ



รูปที่ ค.9 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

ตาราง ค.2 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อน

สารอินทรีย์ 1.01 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ (days)		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3. day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF	UASB		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
45	4.00	6.30	1.70	5.55	0.88	15,409	5,370	4,669	-	13.05	48.24	168	251	70
46	4.00	6.30	1.70	5.55	1.03	17,991	5,774	4,728	42.48	18.12	69.32	164	308	86
47	4.00	6.10	1.70	5.74	0.98	17,089	5,794	4,043	48.99	30.22	77.53	136	308	111
50	4.00	6.10	1.70	5.74	0.98	17,089	7,175	3,444	32.09	52.00	79.85	308	444	86
51	4.00	6.10	1.70	5.74	0.91	15,990	8,764	5,412	14.63	38.25	68.33	308	740	86
52	4.00	6.10	1.70	5.74	0.93	16,326	9,133	5,918	14.65	35.20	62.99	173	956	222
53	4.00	6.10	1.70	5.74	1.02	17,882	8,941	6,421	19.61	28.18	60.67	187	894	370
54	4.00	5.42	1.70	6.46	1.00	17,541	8,387	6,291	30.98	24.99	64.82	200	802	358
57	4.00	5.90	1.70	5.93	1.11	19,388	8,408	6,775	29.44	19.42	61.38	200	678	284
58	4.00	5.90	1.70	5.93	0.95	16,599	8,853	7,213	32.32	18.52	62.80	185	678	284
59	4.00	5.90	1.70	5.93	1.01	17,755	8,571	6,531	28.01	23.80	60.65	185	709	148
60	4.00	5.76	1.70	6.08	0.99	17,408	8,374	6,423	31.04	23.30	63.82	170	493	206
61	4.00	5.76	1.70	6.08	1.16	20,242	8,826	7,206	25.93	18.35	58.61	216	524	210
63	4.00	5.63	1.70	6.22	0.91	15,928	8,871	7,016	35.36	20.91	65.34	170	555	197
65	4.00	5.91	1.70	5.92	1.05	18,334	8,667	7,084	24.45	18.26	55.52	200	493	271
66	4.00	5.91	1.70	5.92	1.07	18,802	9,257	7,934	27.16	14.29	56.73	185	493	222
67	4.00	6.83	1.70	5.12	1.02	17,769	8,513	7,438	36.32	12.63	60.44	200	493	173
68	4.00	6.83	1.70	5.12	1.05	18,448	9,508	8,033	24.56	15.51	54.79	185	493	151
71	4.00	7.34	1.70	4.77	1.02	17,828	9,590	8,361	27.57	12.82	54.68	200	432	136
72	4.00	6.43	1.70	5.44	0.99	17,339	9,275	8,307	29.17	10.44	53.40	170	493	148
73	4.00	6.43	1.70	5.44	1.05	18,443	9,754	7,705	23.93	21.01	55.56	185	463	160
74	4.00	6.50	1.70	5.38	0.95	16,667	8,862	7,805	32.22	11.93	57.68	185	524	148
75	4.00	6.22	1.70	5.62	1.09	19,027	9,182	8,162	24.96	11.11	51.03	170	463	265
76	4.00	6.22	1.70	5.62	1.09	19,027	9,280	8,000	31.74	13.79	57.95	170	617	185
77	4.00	6.22	1.70	5.62	1.04	18,146	9,520	8,273	29.55	13.10	56.52	185	432	222
78	4.00	6.22	1.70	5.62	1.04	18,146	9,198	8,233	30.37	10.49	54.63	355	509	253

ตาราง ค. 2 (ต่อ)

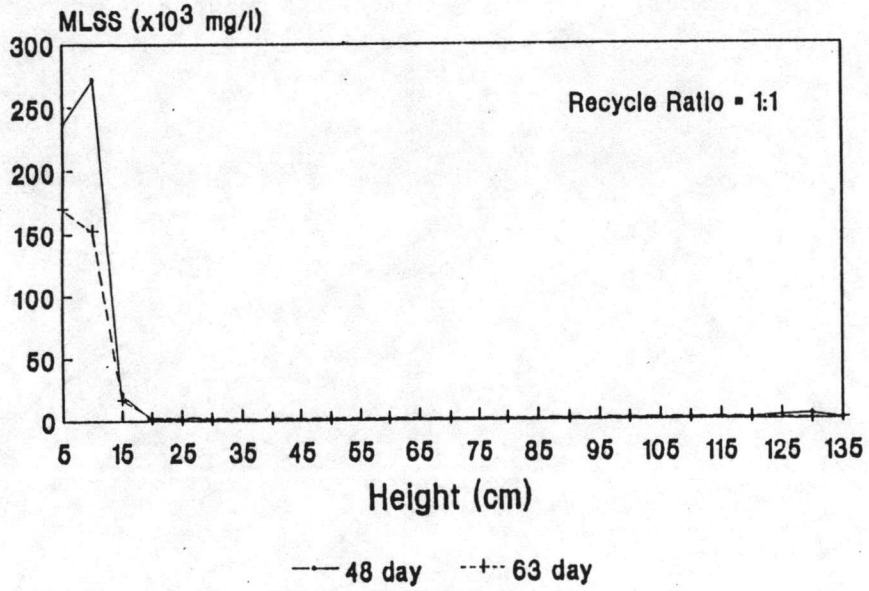
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	AF		UASB	
												CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
45	4.5	7.1	7.3							-	-	-	-	-	-
46	4.2	7.1	7.3				-	570	930	-	1,022	-	-	16.04	83.96
47	4.5	7.5	7.5	636	2,162	1,844				-	730	-	-		
50	5	7.3	7.7							4,428	1,896	54.56	45.44	15.55	84.45
51	5	6.4	7.8							7,112	1,442				
52	4.8	7.3	7.7							6,379	1,911	29.13	70.87	18.43	81.57
53	4.7	7.3	7.4							8,024	2,228				
54	4.8	7.3	7.6	622	2,694	2,538				9,792	2,522	59.77	40.23	19.12	80.88
57	4.8	7.8	7.9				385	405	240	9,325	4,261	46.17	53.83	19.16	80.84
58	4.7	7.8	8							9,196	1,904				
59	4.7	7.6	7.8							8,276	2,414	36.15	63.85	17.60	82.40
60	4.6	7.6	7.8							10,583	2,040	53.43	46.57	18.49	81.51
61	5.1	7.4	7.5	1,606	3,212	3,160	-	813	664	12,295	2,014	53.21	46.79	18.23	81.77
63	4.6	7.7	7.9							11,638	4,833				
65	4.9	7.4	7.5				-	1,076	3,055	22,328	3,440	53.70	46.30	18.62	81.38
66	4.7	7.3	7.4							12,527	2,612	52.16	47.84	24.90	75.10
67	4.8	7.4	7.7							11,752	2,323	53.55	46.45	20.95	79.05
68	4.4	7.3	7.6	622	3,160	3,056				8,124	3,199	44.13	55.87	20.61	79.39
71	4.5	7.4	7.7				-	545	555	9,892	3,011	45.34	54.66	23.09	76.91
72	4.6	7.7	7.7							11,576	2,165	54.38	45.62	20.18	79.82
73	4.6	7.5	7.8							9,210	3,400				
74	4.6	7.5	7.7							12,403	2,184	52.69	47.31	21.62	78.38
75	4.6	7.5	7.7	673	3,022	3,177				6,244	2,464	42.72	57.28	19.93	80.07
76	4.6	7.4	7.6	673	3,004	3,004				-	-				
77	4.7	7.4	7.5	466	3,108	3,004				10,148	6,485	50.00	50.01	28.78	71.22
78	4.7	7.3	7.6	466	3,004	3,134				12,802	5,770	54.64	45.36	29.93	70.07

ตาราง ค. 2 (ต่อ)

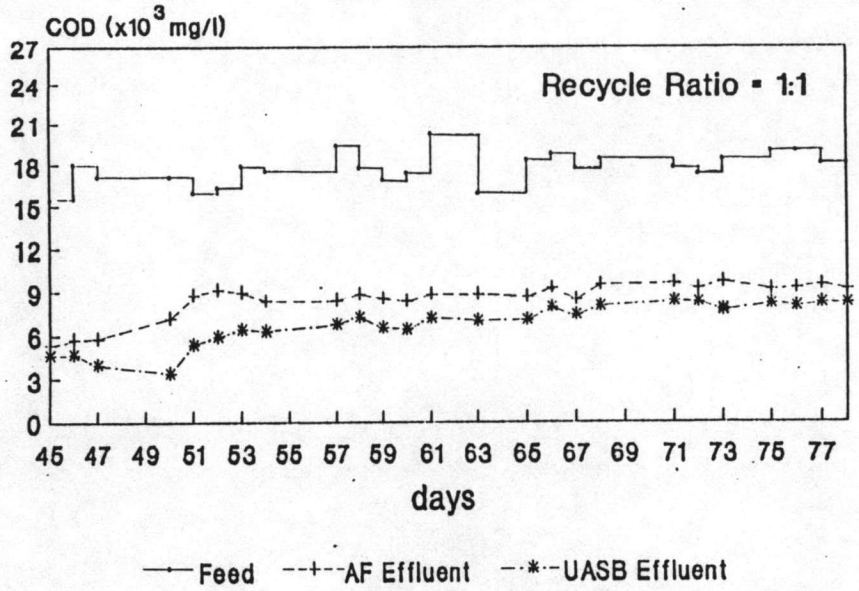
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
45	-	-	-	-	-	-	-	-
46	-	-	-	-	0.028092	0.155068	0.023586	0.130195
47	-	-	-	-	0.020668	0.06839	-	-
50	0.10477	0.32645	0.047607	0.14834	0.043348	0.083362	0.036608	0.070399
51	0.173185	1.18336	-	-	0.026991	0.070569	-	-
52	0.149028	1.01706	0.105616	0.72079	0.034324	0.097507	0.027998	0.079536
53	0.180363	0.91976	-	-	0.040877	0.145034	-	-
54	0.201457	0.65029	0.081046	0.26161	0.055512	0.222128	0.044898	0.179657
57	0.19564	0.66455	0.105313	0.357729	0.085841	0.441978	0.069394	0.357295
58	0.175744	0.54369	-	-	0.036429	0.196652	-	-
59	0.173778	0.62039	0.110957	0.396119	0.047707	0.200439	0.039311	0.165162
60	0.217883	0.70198	0.101468	0.326911	0.042292	0.181525	0.034472	0.147961
61	0.257962	0.9949	0.120701	0.465515	0.039615	0.215828	0.032393	0.176482
63	0.212001	0.59953	-	-	0.096769	0.462769	-	-
65	0.486576	1.99002	0.225285	0.921378	0.067128	0.367529	0.054629	0.299095
66	0.24642	0.90723	0.117887	0.434018	0.047722	0.333909	0.035839	0.250765
67	0.219779	0.60515	0.102087	0.281092	0.039943	0.316314	0.031575	0.250046
68	0.161146	0.65611	0.090032	0.366571	0.04925	0.317468	0.039099	0.252038
71	0.186775	0.67744	0.102091	0.370289	0.042784	0.33385	0.032905	0.256764
72	0.221009	0.75769	0.100824	0.345659	0.036278	0.347601	0.028957	0.277455
73	0.17956	0.75024	-	-	0.054174	0.257891	-	-
74	0.237169	0.73617	0.112205	0.348282	0.0379	0.317759	0.029706	0.249059
75	0.127574	0.51113	0.073075	0.292777	0.043111	0.388087	0.034519	0.310741
76	-	-	-	-	-	-	-	-
77	0.187738	0.63528	0.093878	0.317673	0.109436	0.835472	0.077941	0.595023
78	0.242288	0.79783	0.109902	0.361896	0.100779	0.960588	0.070616	0.673084

หมายเหตุ :
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

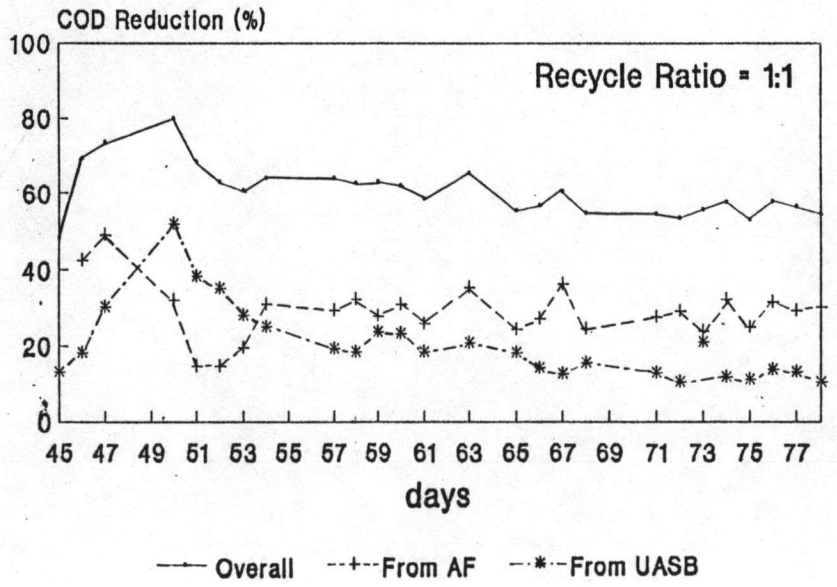
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าดรรชนีต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.01 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



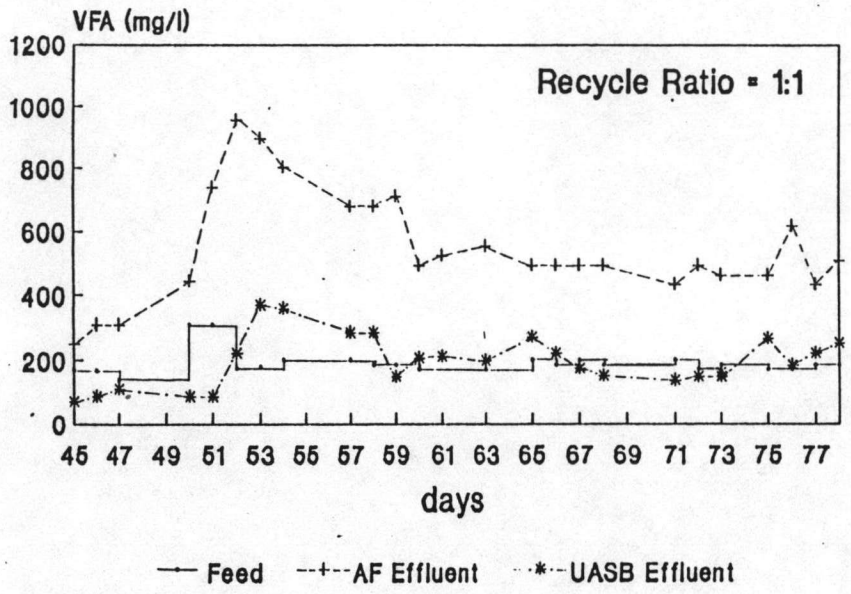
รูปที่ ค.10 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 48 และ 63 หลังจากเริ่มทดลอง



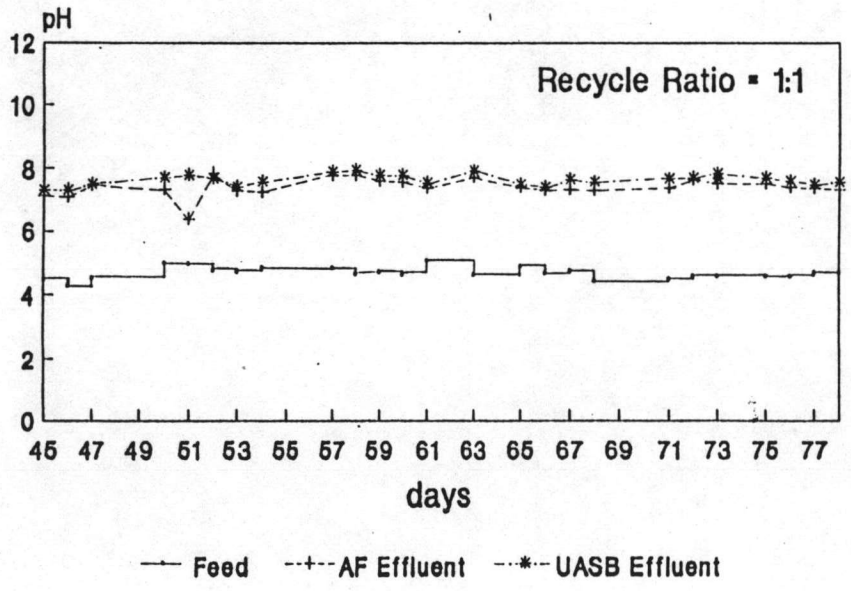
รูปที่ ค.11 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



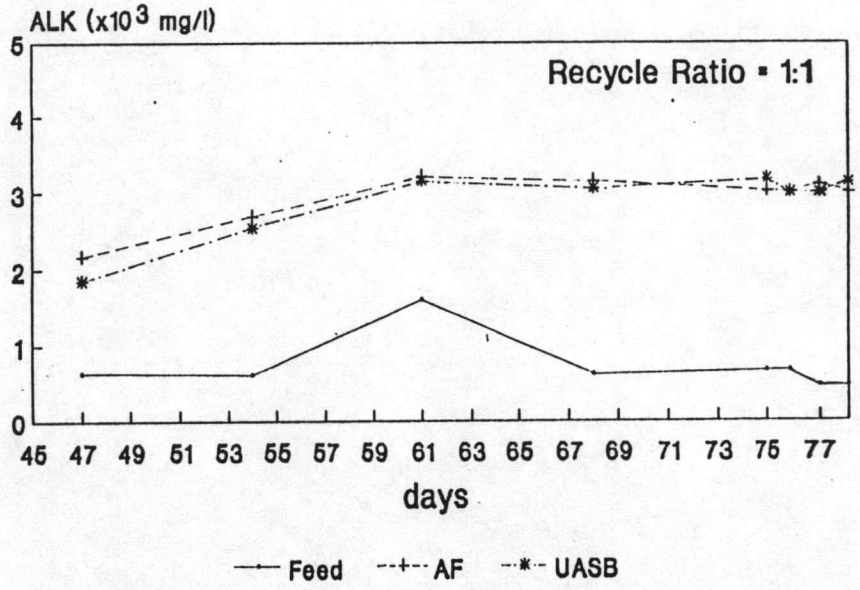
รูปที่ ค.12 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



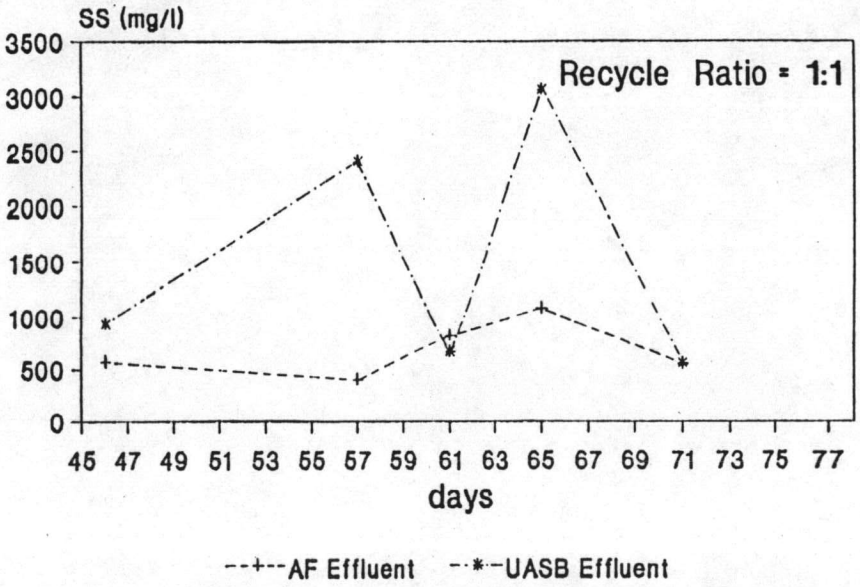
รูปที่ ค.13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



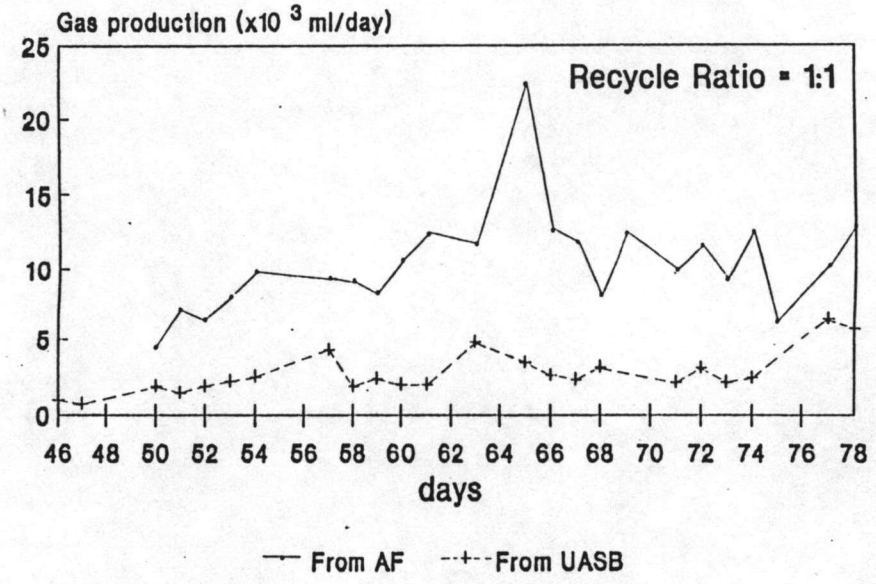
รูปที่ ค.14 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



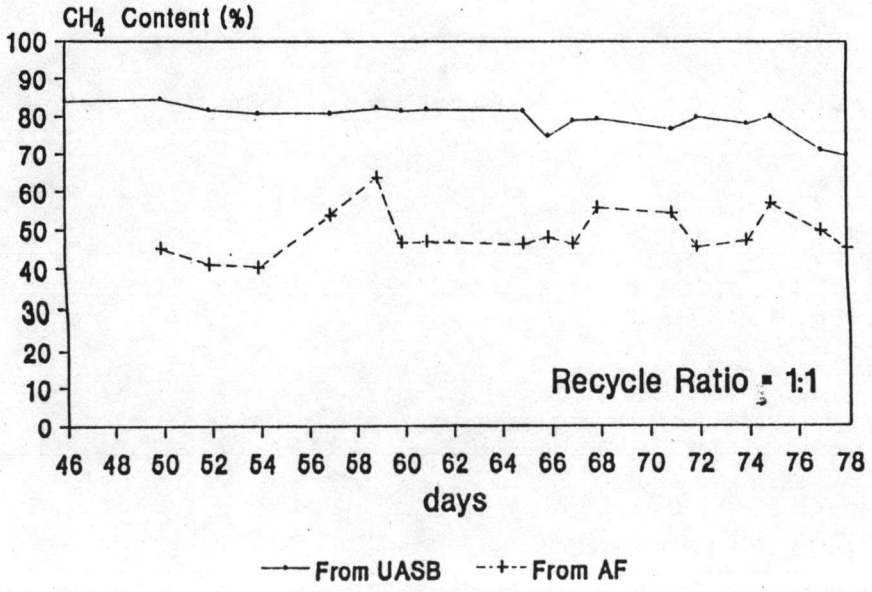
รูปที่ ค.15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

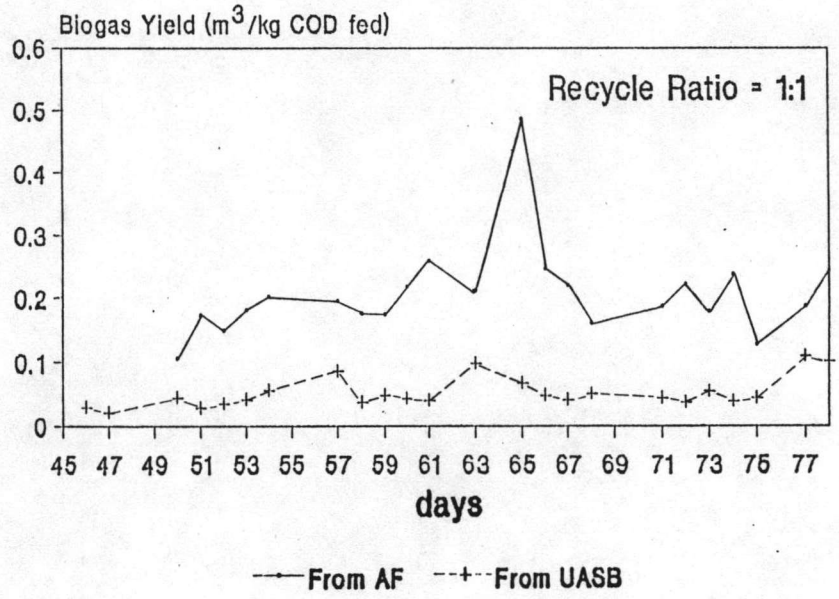


รูปที่ ค.17 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

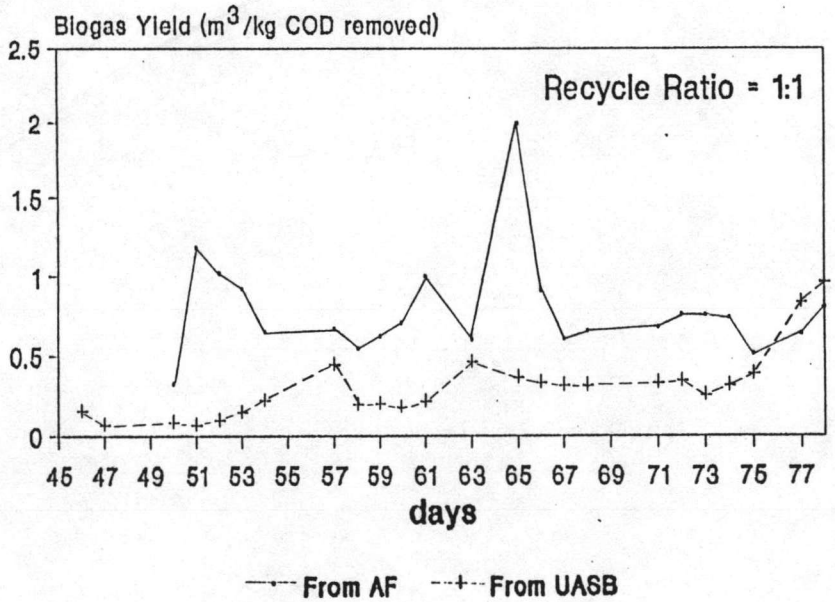


รูปที่ ค.18 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

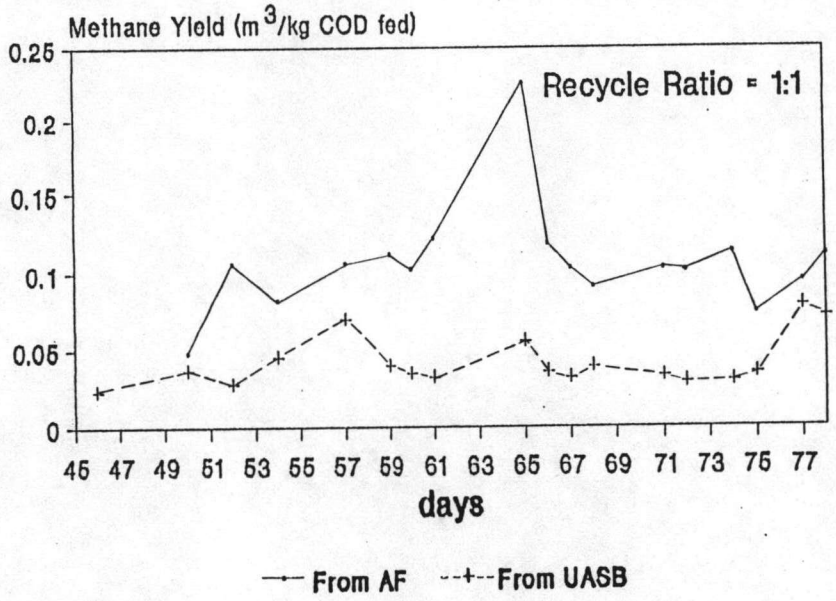


รูปที่ ค.19 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

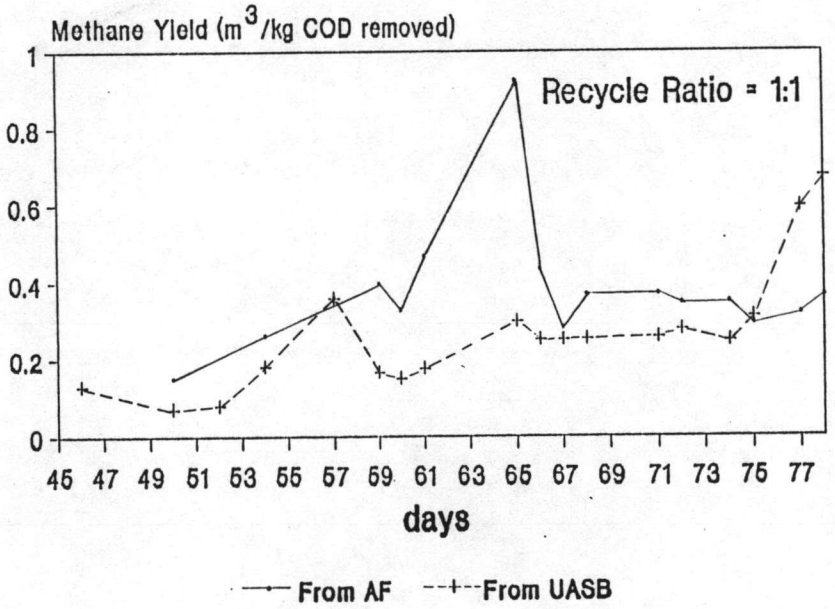
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.20 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.3 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าตรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.03 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ (days)		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3. day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่จุดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF	UASB		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
78	3.40	6.22	2.00	5.62	1.89	38,955						355		
79	3.40	6.22	2.00	5.62	2.40	49,397	11,164	8,594	42.68	23.02	77.94	370	617	259
81	3.41	6.22	1.99	5.62	2.42	49,600	15,680	9,920	45.92	36.73	79.92	370	1,172	262
82	3.41	6.22	1.99	5.62	2.43	49,791	16,456	10,633	44.70	35.39	78.55	386	956	206
84	3.41	6.22	1.99	5.62	1.90	38,982	17,584	11,356	41.80	35.42	77.19	339	1,141	386
85	3.47	6.22	1.96	5.62	2.29	46,218	18,487	12,017	26.55	35.00	69.17	324	1,264	386
86	3.47	6.22	1.96	5.62	1.85	37,343			-					
87	3.47	6.22	1.96	5.62	1.85	37,192	18,464	12,531	-	32.13	66.44	308	1,172	447
88	3.47	6.22	1.96	5.62	1.95	39,258	19,009	12,976	23.54	31.74	65.11	278	1,141	452
91	3.25	3.50	2.09	10.00	2.26	48,581	18,015	13,967	31.02	22.47	64.42	432	1,079	416
93	3.25	3.50	2.09	10.00	1.93	41,564	18,930	13,992	39.47	26.09	71.20	337	899	214
94	3.25	3.50	2.09	10.00	1.69	40,574	18,853	14,959	32.13	20.65	64.01	365	929	183
95	3.34	3.50	2.04	10.00	1.94	40,574	18,238	15,164	34.32	16.85	62.63	365	1,067	267
96	3.70	2.02	1.84	17.35	2.14	40,574	17,828	14,549	36.03	18.39	64.14	365	927	337
97	3.70	2.02	1.84	17.35	1.95	36,886			-			365		
99	3.70	2.02	1.84	17.35	2.45	46,557	18,623	15,789	-	15.22	57.20	393	899	337
100	3.70	2.02	1.84	17.35	2.24	42,340	18,347	15,928	41.14	13.18	65.79	337	1,039	267
101	3.70	2.29	1.84	15.31	2.24	42,340	18,988	15,613	34.83	17.77	63.12	337	927	211
102	2.40	2.76	2.84	12.66	1.46	42,677	18,828	14,644	35.02	22.22	65.41	379	899	197
103	2.93	2.76	2.32	12.66	1.77	42,258	17,573	15,062	38.69	14.29	64.71	351	1,011	183
104	2.93	2.76	2.32	12.66					-					
105	3.37	3.03	2.02	11.55	1.90	39,432	18,981	16,328	-	13.98	61.36	351	1,053	335
106	3.37	3.03	2.02	11.55	1.90	39,432	19,097	15,914	31.50	16.67	59.64	351	1,095	267
107	3.33	3.27	2.04	10.70	1.92	40,329	19,088	16,285	31.02	14.68	58.70	351	1,193	323
108	3.33	3.27	2.04	10.70	1.92	40,329	19,206	15,972	32.15	16.84	60.40	351	1,278	372
109	3.36	3.46	2.03	10.10	1.93	40,251	17,913	15,656	36.37	12.60	61.18	309	1,313	351
111	3.36	3.46	2.03	10.10	1.86	38,741			-					
112									-					
113	3.36	3.46	2.03	10.10	1.82	37,959	19,341	17,284	-	10.64	55.39	379	1,123	519
114	3.36	3.29	2.03	10.65	1.88	39,183	18,367	18,163	33.50	1.11	52.15	337	955	719
115	3.41	2.33	1.99	15.00	2.13	43,723	18,825	17,813	34.35	5.38	54.54	379	814	449
118	3.41	2.33	1.99	15.00	2.13	43,723	19,456	18,410	36.77	5.38	57.89	379	842	407
119	3.34	3.09	2.04	11.33	2.18	45,606	19,874	18,200	36.03	8.42	58.37	351	730	393
120	3.34	3.09	2.04	11.33	2.18	45,606	19,501	17,219	38.87	11.70	62.24	351		
121	3.10	2.28	2.19	15.37	1.71	38,683	19,501	17,842	37.92	8.51	60.88	337	730	505

ตาราง ค. 3 (ต่อ)

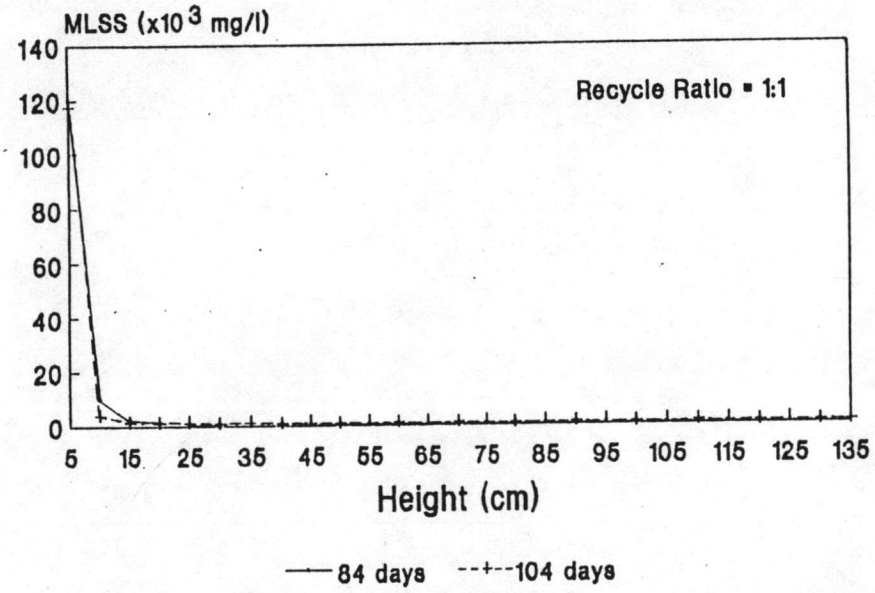
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
												AF		UASB	
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
78	4.7									-	-	-	-	-	-
79	4.6	7.4	7.6				112	1,890	275	21,181	4,516	64.36	35.64	33.06	66.94
81	4.7	7.2	7.5							22,647	5,505	55.01	44.99	31.71	68.29
82	4.7	7.4	7.6	1,917	5,180	3,678				14,740	3,223	57.58	42.42	31.21	68.79
84	4.8	7.4	7.8							17,039	-	64.23	35.77	29.69	70.31
85	5.1	7.4	7.6							16,932	-	58.18	41.82	30.78	69.22
86										16,710	2,339	-	-	-	-
87	4.8	7.5	7.6				954	670	935	13,728	2,497	56.98	43.02	30.48	69.52
88	5	7.4	7.6	2,435	5,802	4,558				10,672	2,266	60.19	39.81	43.55	56.45
91	4.8	7.4	7.6							9,526	2,040	63.14	36.86	47.38	52.62
93	4.8	7.5	7.7							9,861	1,443	61.53	38.47	37.46	62.54
94	4.6	7.4	7.9							11,770	1,706	59.26	40.74	24.49	75.51
95	4.6	7.6	7.7							11,591	-	57.89	42.11	36.41	63.59
96	4.6	7.5	7.6	1,606	6,061	5,128				11,151	1,448	62.42	37.58	34.06	65.94
97	4.6									-	-	-	-	-	-
99	4.7	7.6	7.8				1,436	1,045	653	11,462	1,078	58.67	41.33	31.79	68.21
100	4.7	7.7	7.9							13,551	1,308	66.33	33.67	34.35	65.65
101	4.7	7.6	7.7							12,286	1,516	55.30	44.70	36.53	63.47
102	4.6	7.6	7.8	1,643	6,187	4,818				10,190	1,485	55.15	44.85	25.27	74.73
103	4.7	7.7	7.9							8,284	1,002	59.35	40.65	25.52	74.48
104										7,174	923	-	-	-	-
105	4.7	7.7	7.9	1,643	6,105	5,010	1,004	1,290	2,720	6,804	855	60.02	39.98	23.84	76.16
106	4.7	7.7	8		6,324	5,092				6,816	679	67.52	32.48	21.02	78.98
107	4.7	7.7	7.9	1,643	6,159	5,032				6,185	608	67.25	32.75	21.38	78.62
108	4.7	7.7	7.8		6,159	5,201				6,653	489	69.61	30.39	21.38	78.62
109	4.6	7.7	7.9	2,026	6,132	5,092				5,684	460	68.94	31.06	16.89	83.11
111										6,112	682	58.32	41.68	17.53	82.47
112							1,525	2,840	1,730	7,055	-	65.00	35.00	16.02	83.98
113	4.9	7.9	7.9	-	6,187	5,366				7,916	-	62.95	37.05	17.40	82.60
114	4.5	7.7	8.1							7,751	733	58.67	41.33	17.55	82.45
115	4.6	7.6	8.3							7,627	-	62.65	37.35	30.08	69.92
118	4.6	7.6	8.3							6,876	-	-	-	-	-
119	4.7	7.9	8.2	2,190	6,406	5,634	300	1,385	1,245	9,831	-	58.14	41.86	-	-
120										-	865	-	-	31.86	68.14
121	4.7	7.7	8							11,280	688	55.67	44.33	38.28	61.72

ตาราง ค. 3 (ต่อ)

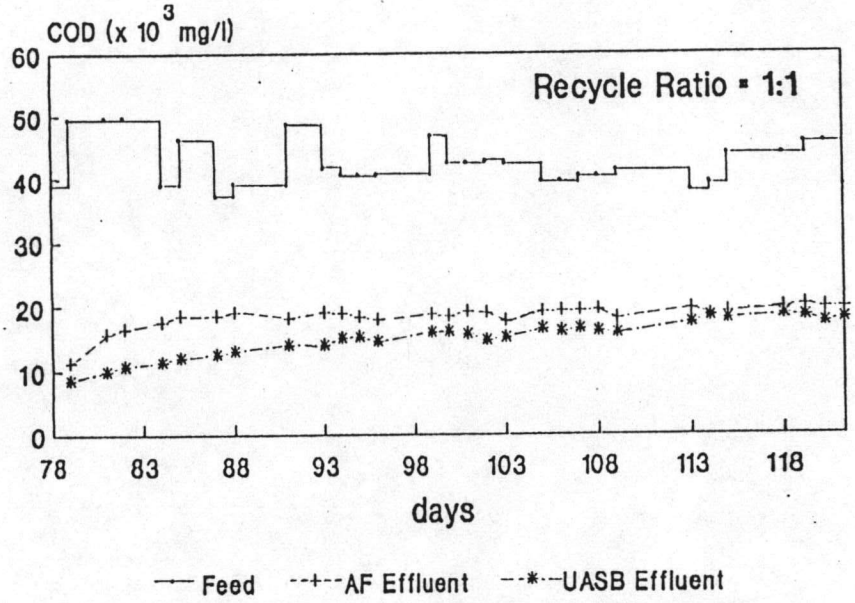
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
78	-	-	-	-	-	-	-	-
79	0.319841	0.74935	0.113991	0.267068	0.064986	0.282299	0.043502	0.188971
81	0.229721	0.50024	0.103352	0.225056	0.056403	0.153541	0.038517	0.104853
82	0.145159	0.32471	0.061576	0.137741	0.031465	0.088921	0.021645	0.061168
84	0.165289	0.39545	0.059124	0.141451	-	-	-	-
85	0.197161	0.74264	0.082453	0.310573	-	-	-	-
86	0.165208	0.16521	-	-	-	-	-	-
87	0.211659	19.0457	0.091055	8.193459	0.021726	0.067613	0.015104	0.047005
88	0.123574	0.52494	0.049195	0.20898	0.019151	0.060341	0.010811	0.034063
91	0.105001	0.33847	0.038704	0.124762	0.032347	0.143954	0.017021	0.075748
93	0.096884	0.24546	0.037271	0.094428	0.021775	0.083473	0.013618	0.052204
94	0.130194	0.40521	0.053041	0.165084	0.025848	0.125146	0.019518	0.094497
95	0.128267	0.37378	0.054013	0.157397	-	-	-	-
96	0.119775	0.33244	0.045012	0.124931	0.040262	0.218905	0.026549	0.144346
97	-	-	-	-	-	-	-	-
99	0.167953	-	0.069415	-	0.028694	0.18856	0.019573	0.128616
100	0.117477	0.28552	0.039554	0.096135	0.03534	0.268041	0.023201	0.175969
101	0.113964	0.32725	0.050942	0.146279	0.034916	-	0.022161	-
102	0.095036	0.27135	0.042623	0.121701	0.028531	0.128391	0.021321	0.095946
103	0.120649	0.31187	0.049044	0.126775	0.020526	0.144351	0.015362	0.107513
104	0.085431	0.08543	-	-	-	-	-	-
105	-	-	-	-	0.014861	0.106323	0.011318	0.080976
106	0.072635	0.23057	0.023592	0.074888	0.01173	0.070377	0.009264	0.055584
107	0.066404	0.21405	0.021747	0.070101	0.009738	0.066315	0.007656	0.052137
108	0.070478	0.21321	0.021418	0.066618	0.007784	0.046228	0.00612	0.036344
109	0.060548	0.16643	0.018806	0.051712	0.007412	0.058325	0.00616	0.048889
111	0.06514	0.06514	0.02715	0.02715	-	-	-	-
112	0.108507	0.10851	0.037977	0.037977	-	-	-	-
113	-	-	-	-	-	-	-	-
114	0.083601	0.24952	0.034552	0.103127	0.012141	1.093103	0.01001	0.901263
115	0.079247	0.23073	0.029539	0.086178	-	-	-	-
118	0.065542	0.17827	-	-	-	-	-	-
119	0.092809	0.25761	0.03885	0.107833	-	-	-	-
120	-	-	-	-	0.01436	0.122711	0.009785	0.083615
121	0.107526	0.28356	0.047666	0.125703	0.015493	0.182113	0.009562	0.1124

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

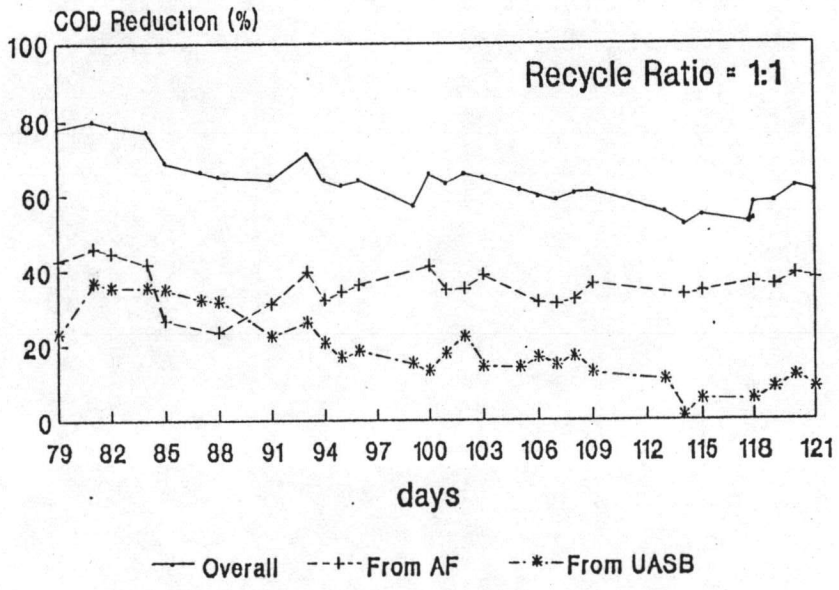
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าครรชนีต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.03 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



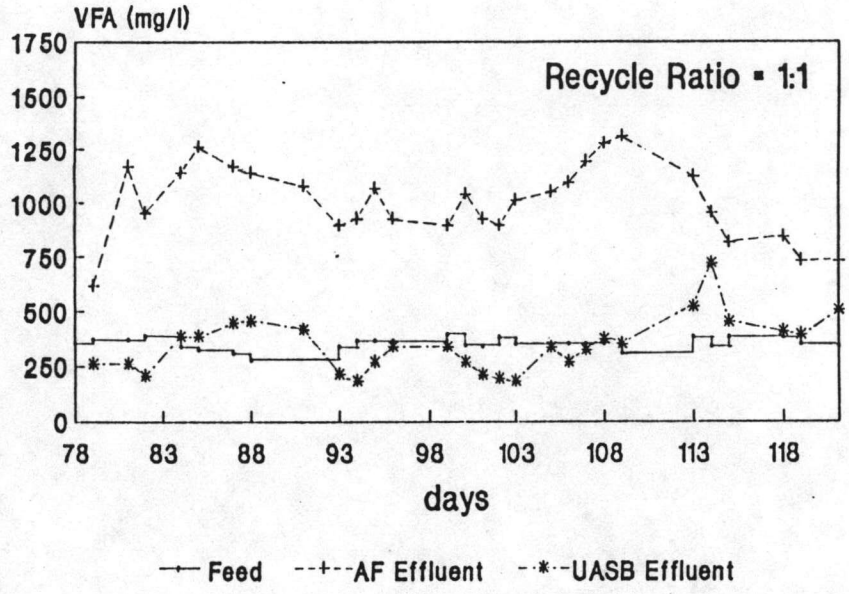
รูปที่ ค.21 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 84 และ 104 หลังจากเริ่มทดลอง



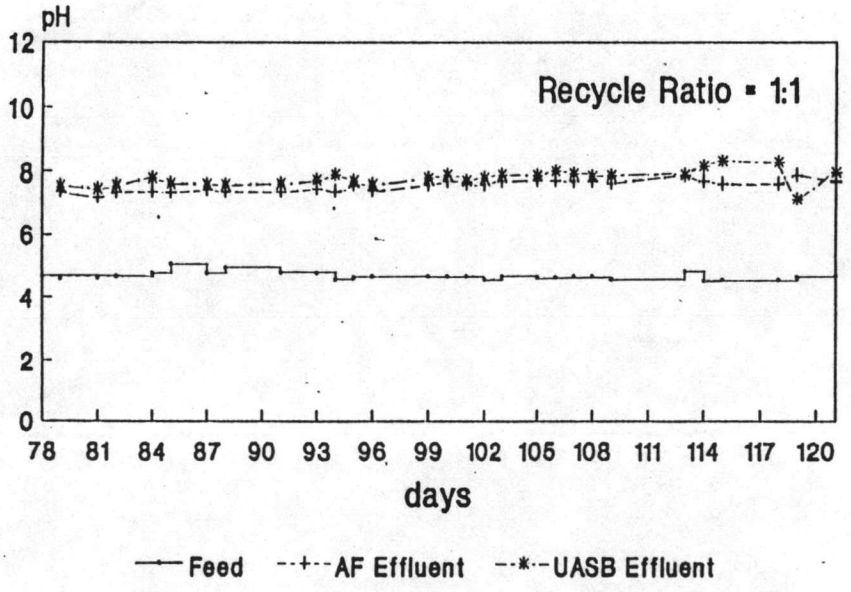
รูปที่ ค.22 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



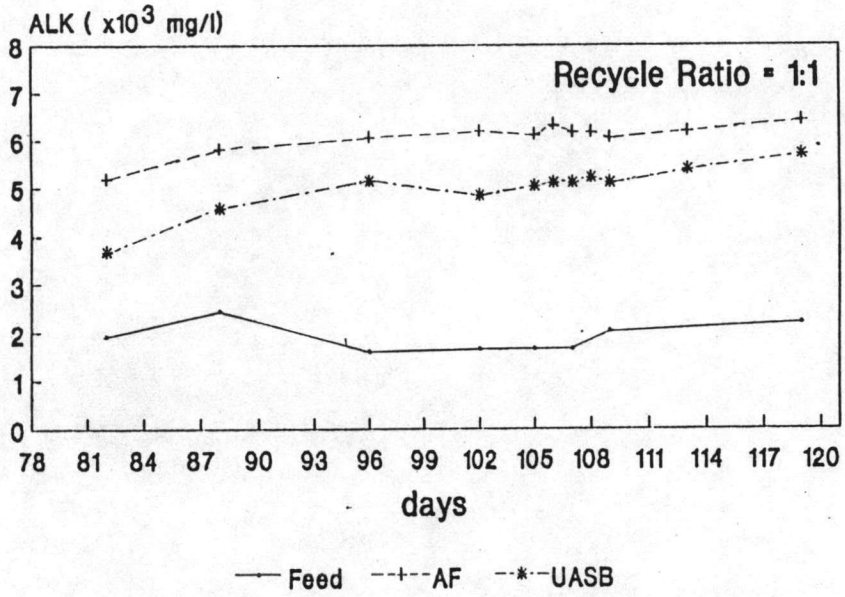
รูปที่ ค.23 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



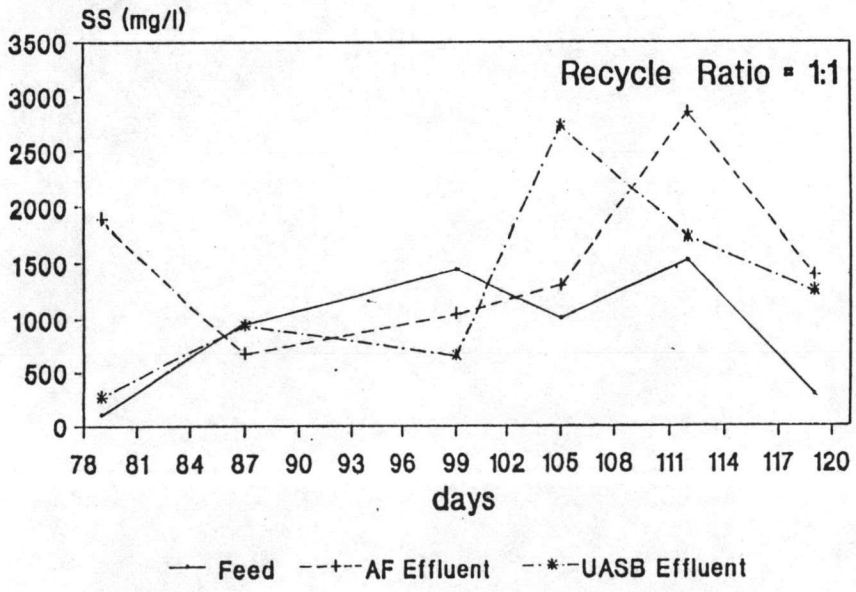
รูปที่ ค.24 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



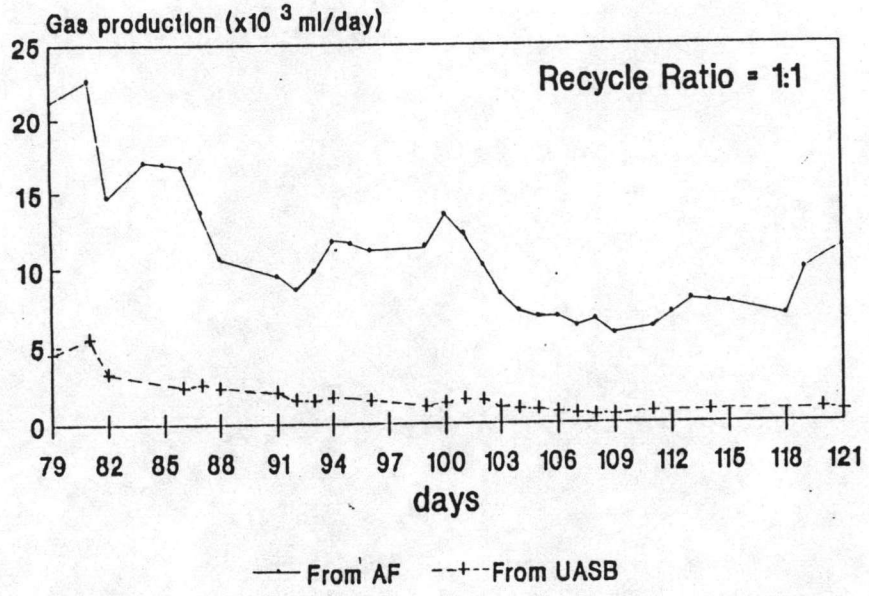
รูปที่ ค.25 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



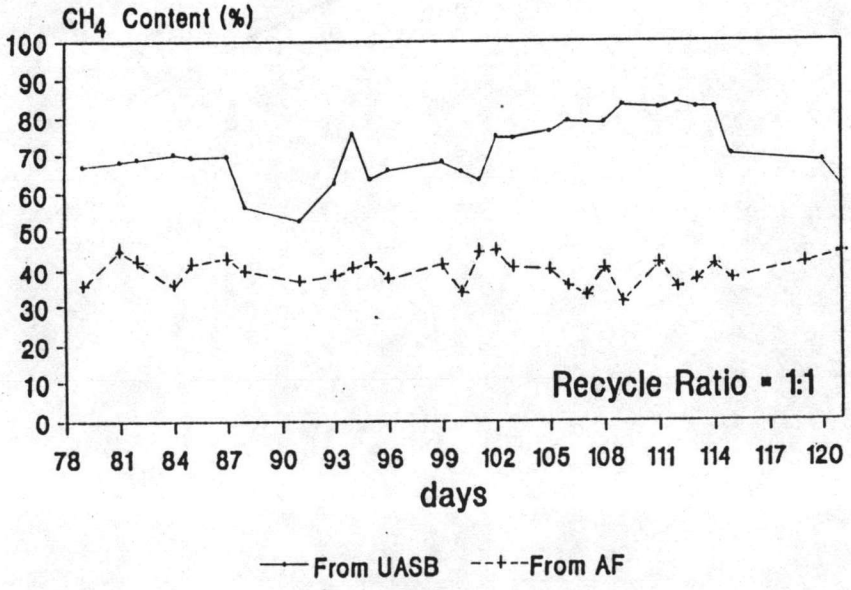
รูปที่ ค.26 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

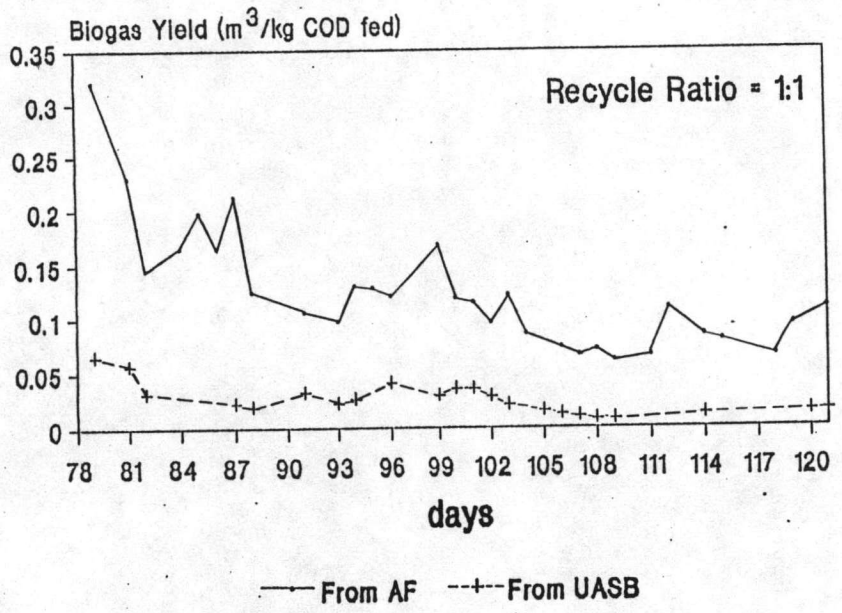


รูปที่ ค.28 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

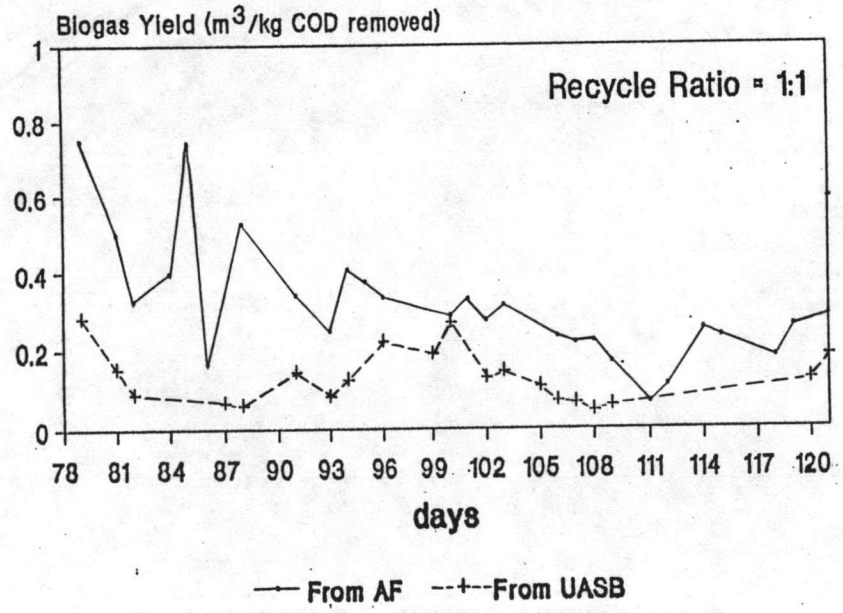


รูปที่ ค.29 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

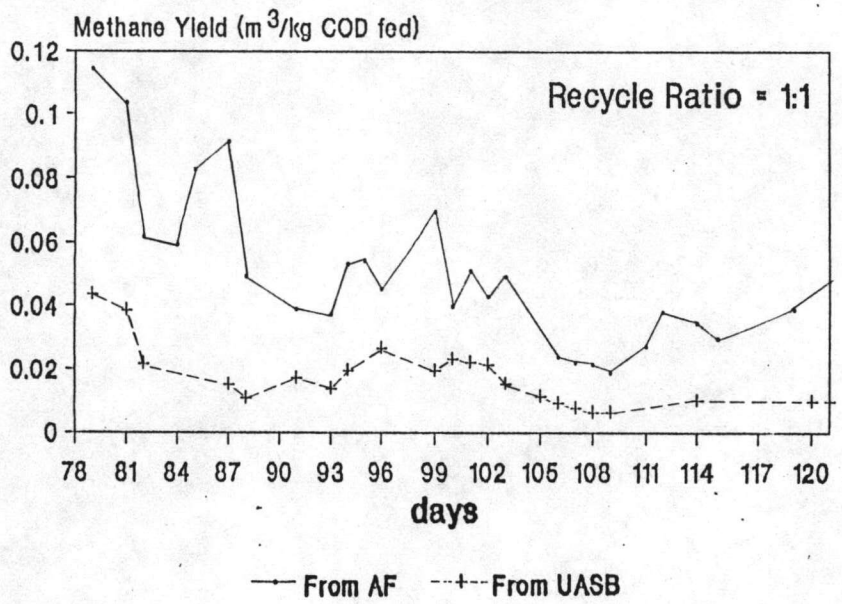


รูปที่ ค.30 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

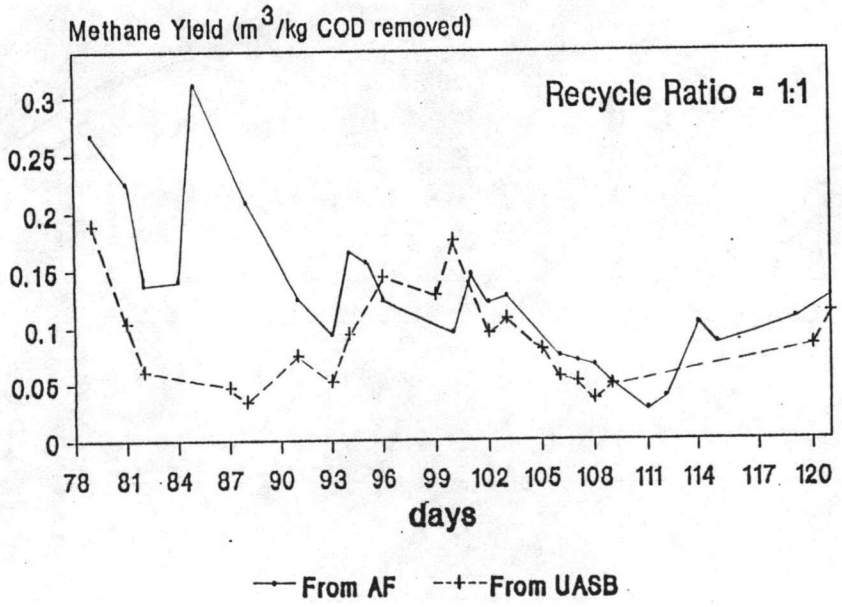
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.31 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.4 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.03 กก.COD/ลบ.ม.-วัน (หลังจากเติมทำการเติมตะกอนแบคทีเรียลงในถังหมักมีเทนแบบ UASB)

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ (days)		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3 day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF	UASB		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
125	3.46	1.78	1.97	19.65	1.85	37,448	19,136	34,773	-	-	10.11	337	814	590
126	3.46	3.05	1.97	11.48	1.85	37,448	20,000	33,877	44.61	-	9.54	337	814	435
127	3.46	3.05	1.97	11.48	2.24	45,456	20,249	30,993	43.22	-	17.24	407	758	758
128	3.46	3.05	1.97	11.48	2.24	45,456	21,546	32,522	43.63	-	28.45	407	897	622
129	3.46	3.05	1.97	11.48	2.18	44,128	21,861	29,148	43.93	-	35.88	362	1,070	853
132	3.28	3.05	2.08	11.48	1.98	42,400	24,000	28,000	34.49	-	36.55	362	897	521
133	3.28	3.05	2.08	11.48	1.98	42,400	24,302	26,294	-	-		362	607	766
134	3.24	2.07	2.10	16.88	1.88	40,637	23,506	25,896	31.56	-	38.92	347	578	549
136	3.24	2.07	2.10	16.88	1.92	41,500	22,924	25,493	31.09	-	37.27	347	1,215	607
139	3.24	2.07	2.10	16.88	1.98	42,859	22,818	24,207	31.88	-	41.67	347	810	492
140	3.32	2.35	2.05	14.91	2.03	42,859	22,289	25,301	-	-		347	925	463
141	3.32	2.35	2.05	14.91	2.03	42,800	22,600	23,800	33.69	-	44.47	328	665	559
142	3.32	2.09	2.05	16.75	2.03	42,800	21,514	22,510	35.39	-	47.41	328	839	424
143	3.32	2.09	2.05	16.75	2.05	43,309	22,836	23,229	30.07	-	45.73	318	578	212
146	3.30	2.49	2.06	14.07	2.19	46,459	20,867	23,426	37.28	-	45.91	347	1,071	231
147	3.30	2.49	2.06	14.07	2.19	46,459	22,657	22,941	-	-		347	723	578
148	3.04	2.22	2.23	15.79	1.49	34,376	22,462	22,852	35.27	-	50.81	289	434	289
149	3.04	2.22	2.23	15.79	1.49	34,376	21,985	22,764	23.17	-	33.78	289	463	275
150	4.07	2.58	1.67	13.56	2.43	41,861	21,899	21,124	23.35	-	38.55	347	492	231
153	3.16	1.51	2.15	23.18	2.02	44,790	21,430	21,044	31.95	-	49.73	443	347	159
160	3.16	1.51	2.15	23.18	2.02	44,790	22,349	22,349	32.10	-	50.10	443	463	212

ตาราง ค. 4 (ต่อ)

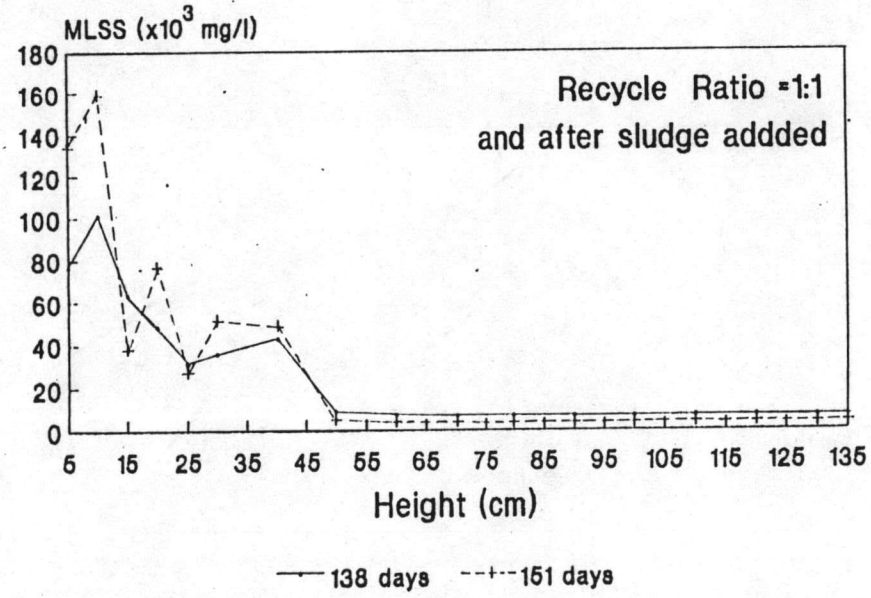
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (%)			
												AF		UASB	
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
125	4.7	7.7	8.3	1,533	6,570	7,720	225	985	18,330	9,932	968	56.38	43.62	38.28	61.72
126	4.7	7.7	8.4						13,500	11,322	1,249	55.02	44.98	39.07	60.93
127	4.6	7.8	8.6						9,440	12,100	1,207	54.64	45.36	36.23	63.77
128	4.6	7.9	8.5						10,270	14,849	-	57.69	42.31	34.36	65.64
129	4.8	7.8	8.4						8,570	15,474	1,224	55.21	44.79	38.74	61.26
132	4.8	7.8	8.4	1,938	7,268	6,250				15,070	1,492	55.48	44.52	29.12	70.88
133	4.8	7.8	8.4					2,820	6,450	13,156	1,470	55.69	44.31	29.02	70.98
134	4.8	7.8	8.3					2,810	6,730	13,160	920	54.13	45.87	27.70	72.30
136	4.7	7.8	8.5					2,090	6,020	12,720	1,425	55.90	44.10	27.55	72.45
139	4.6	7.7	8	1,793	7,268	6,492			4,300	12,454	1,375	55.58	44.42	28.71	71.29
140	4.6	7.8	8						4,620	10,756	1,106	51.53	48.47	28.15	71.85
141	4.7	7.8	8						5,000	11,496	1,029	56.04	43.96	27.24	72.76
142	4.7	7.7	8						4,720	11,172	1,183	60.99	39.01	38.60	61.40
143	4.7	7.7	7.9					1,870	4,250	11,642	1,027	59.69	40.31	33.20	66.80
146	4.8	7.8	8	1,744	7,268	6,347				12,417	1,131	58.74	41.26	34.18	65.82
147	4.7	7.8	8							11,921	1,006	56.62	43.38	38.01	61.99
148	4.7	7.9	8.1							10,715	1,006	54.61	45.39	25.83	74.17
149	4.7	7.8	8					1,710	4,000	9,884	-	52.38	47.62	26.33	73.67
150	4.6	7.7	7.9	1,599	6,880	6,105				9,271	633	55.00	45.00	28.08	71.92
153	4.5	7.7	7.9							12,463	867	53.06	46.94	25.97	74.03
160	4.5	7.8	8							14,477	996	57.22	42.78	25.92	74.08

ตาราง ค. 4 (ต่อ)

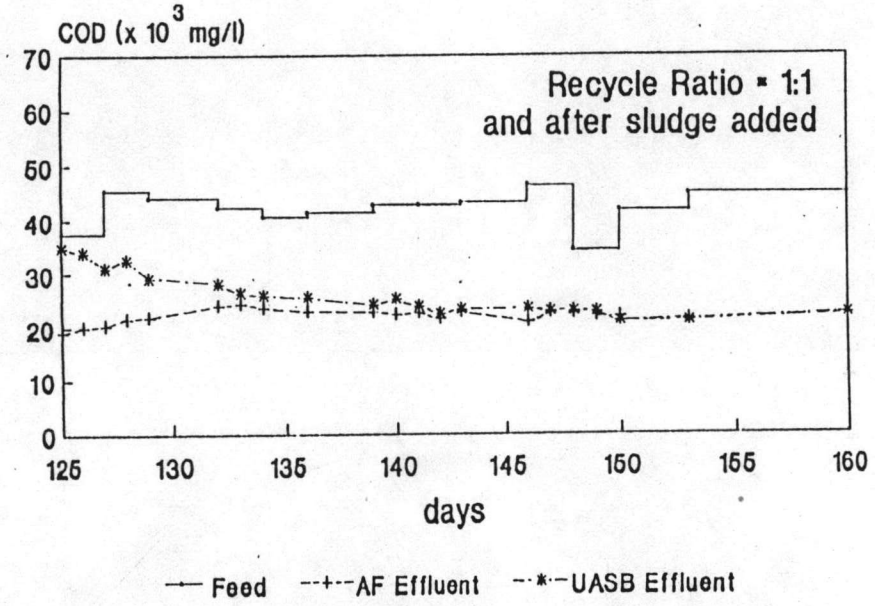
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
125	-	-	-	-	0.014047	-	0.00867	-
126	0.090715	0.20333	0.0408	0.091458	0.020484	-	0.012481	-
127	0.098166	0.22713	0.04453	0.103026	0.019552	-	0.012468	-
128	0.112394	0.25759	0.04755	0.108986	-	-	-	-
129	0.114828	0.26139	0.05143	0.117075	0.018365	-	0.011251	-
132	0.119006	0.345	0.05298	0.153596	0.020391	-	0.014453	-
133	0.114063	0.36842	0.05054	0.163246	0.019841	-	0.014083	-
134	0.116931	0.37047	0.05364	0.169933	0.018874	-	0.013646	-
136	0.118018	0.3796	0.05205	0.167405	0.029976	-	0.021718	-
139	0.114757	0.35997	0.05097	0.159899	0.029059	-	0.020716	-
140	0.099003	0.29526	0.04799	0.14311	0.021139	-	0.015188	-
141	0.101692	0.30189	0.0447	0.13271	0.019396	-	0.014113	-
142	0.101141	0.28576	0.03946	0.111476	0.026317	-	0.016159	-
143	0.107478	0.35744	0.04332	0.144084	0.021524	-	0.014378	-
146	0.112517	0.30183	0.04642	0.124536	0.021793	-	0.014344	-
147	0.103291	0.29378	0.04481	0.127442	0.017853	-	0.011067	-
148	0.09349	0.26509	0.04244	0.120322	0.020209	-	0.014989	-
149	0.11353	0.49005	0.05406	0.233362	-	-	-	-
150	0.106653	0.45676	0.04799	0.205543	0.011199	-	0.008055	-
153	0.09734	0.30464	0.04569	0.143	0.026796	-	0.019837	-
160	0.139288	0.43385	0.05959	0.185602	0.029518	-	0.021867	-

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

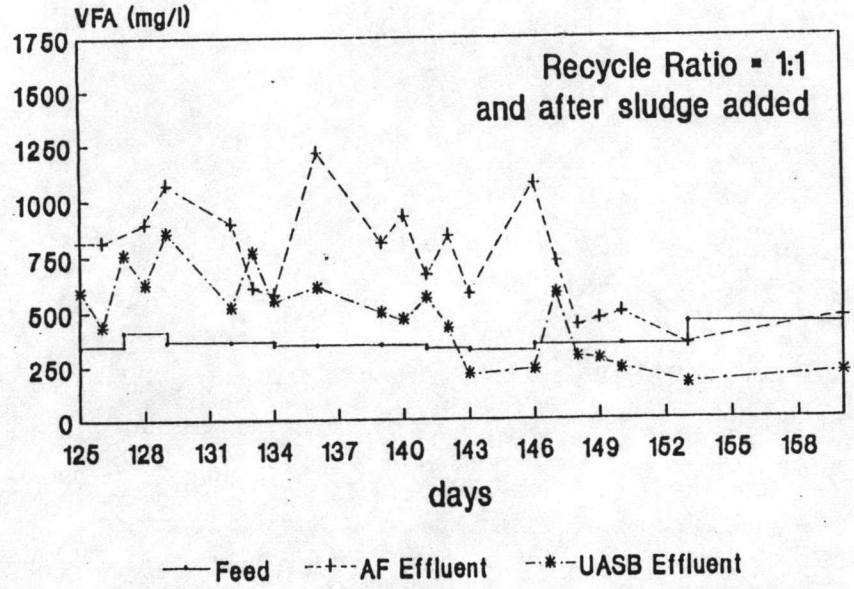
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าครรชนีต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.03 กก.COD/ลบ.ม.-วัน
(หลังจากทำการเติมตะกอนแบคทีเรียเพิ่มลงในถังหมักมีเทนแบบ UASB)



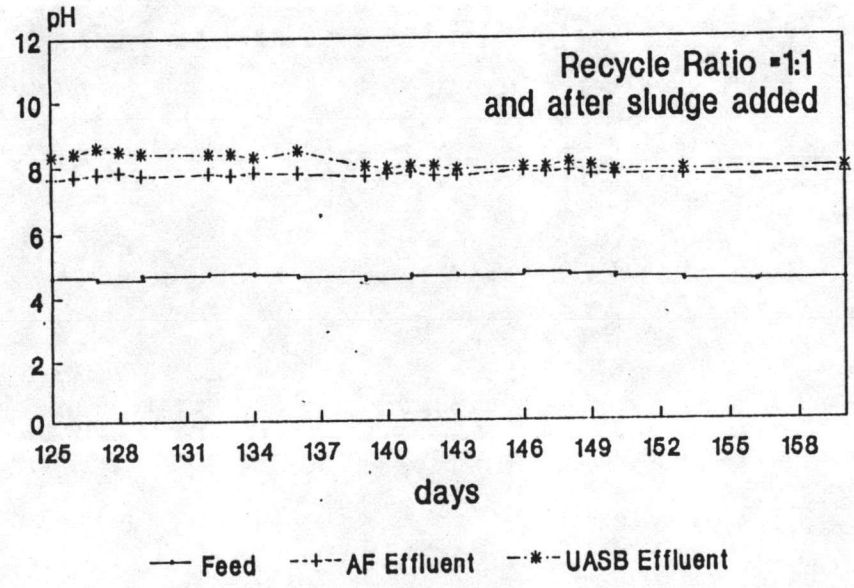
รูปที่ ค.32 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก
ในวันที่ 137 และ 151 หลังจากเริ่มทดลอง



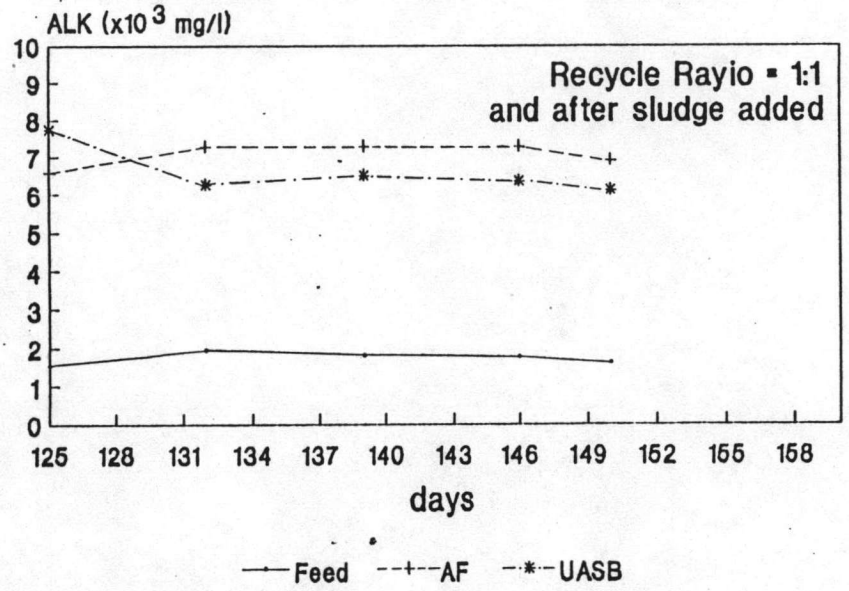
รูปที่ ค.33 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



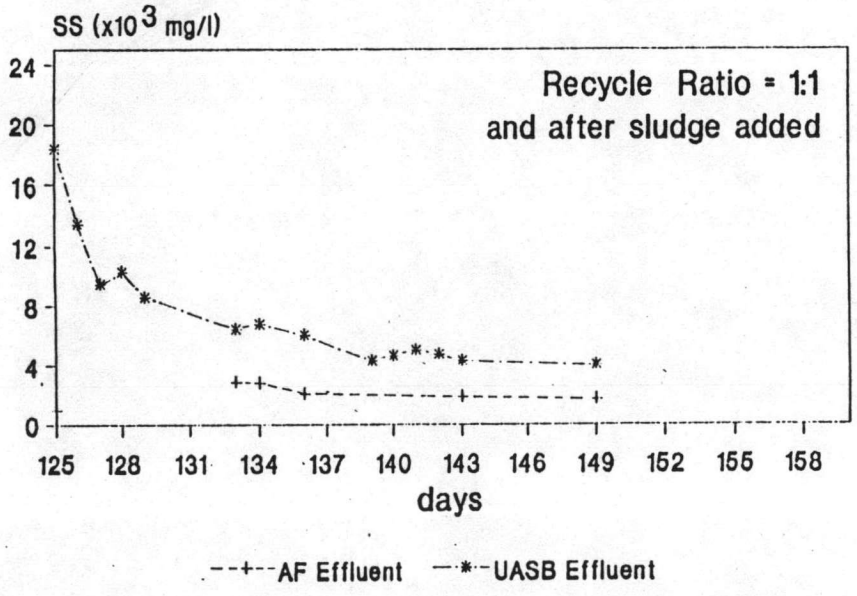
รูปที่ ค.34 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



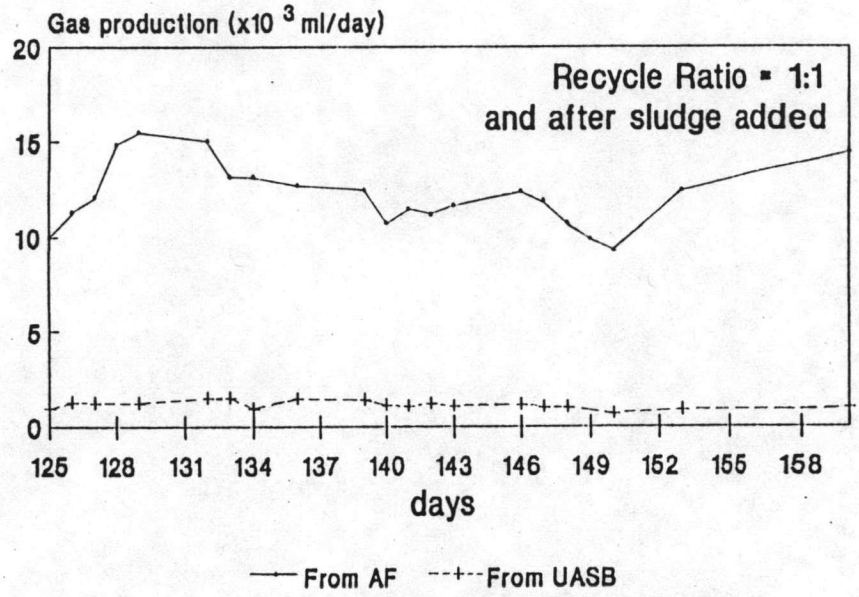
รูปที่ ค.35 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



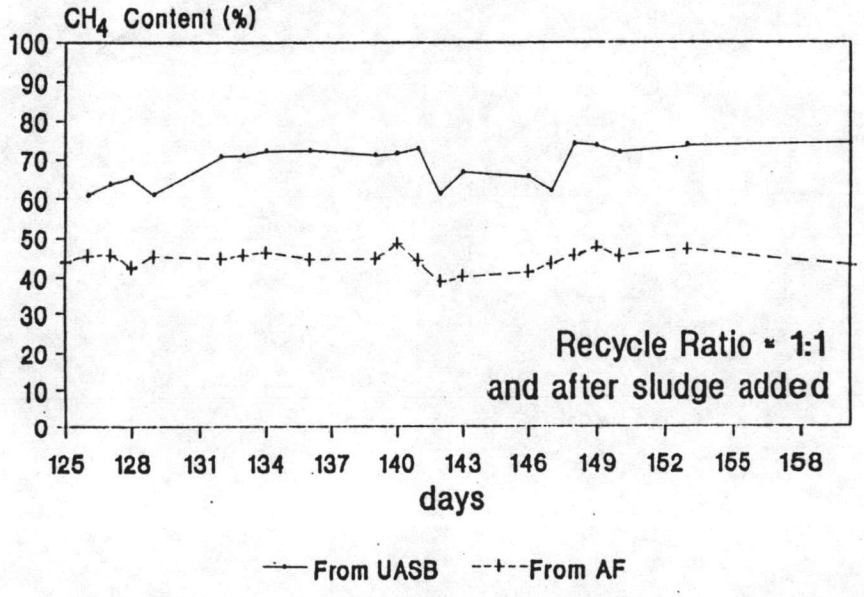
รูปที่ ค.36 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

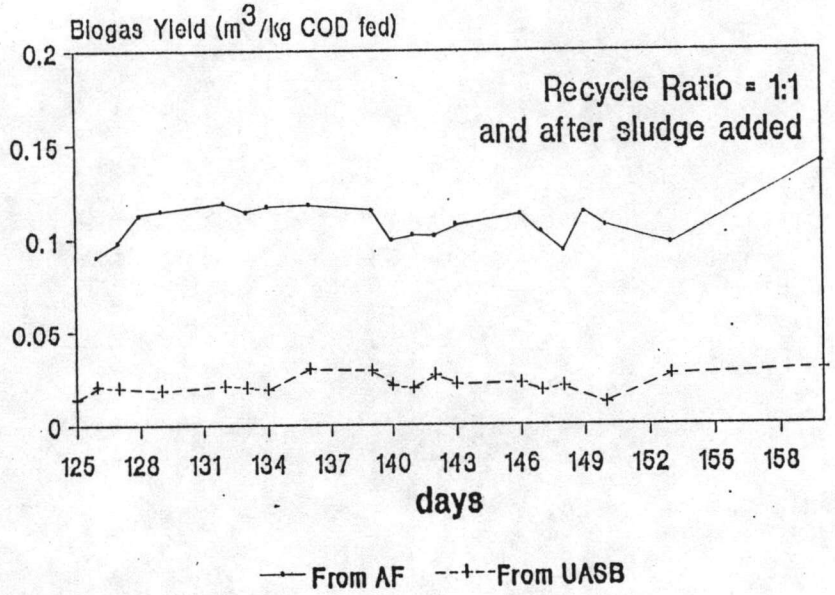


รูปที่ ค.38 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

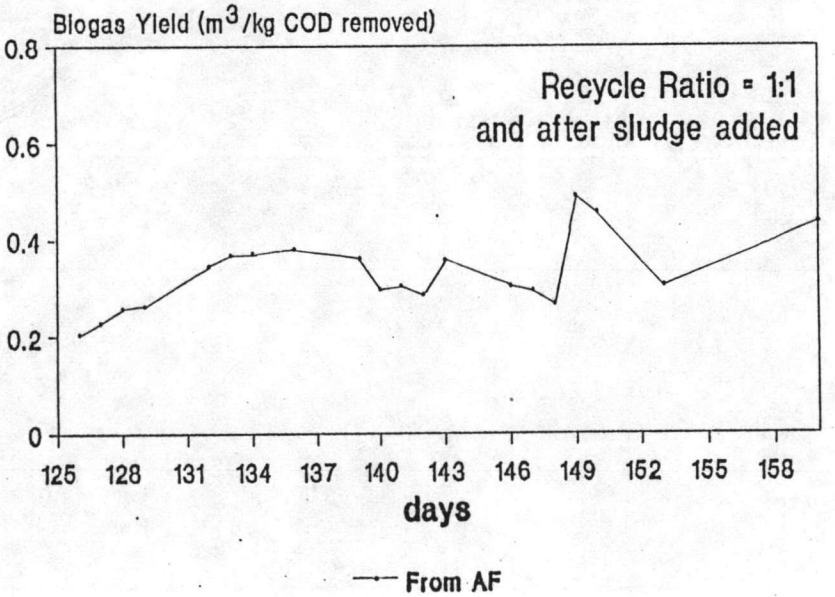


รูปที่ ค.39 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

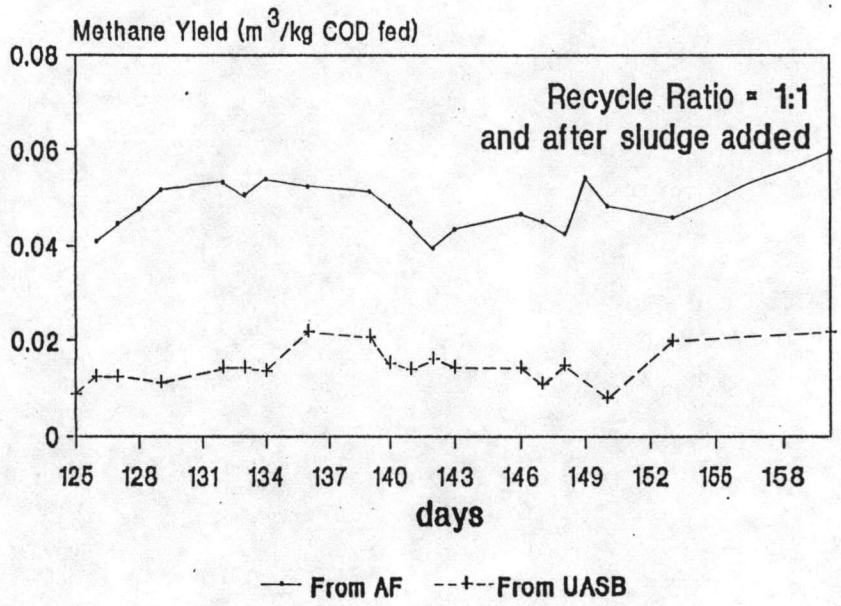


รูปที่ ค.40 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

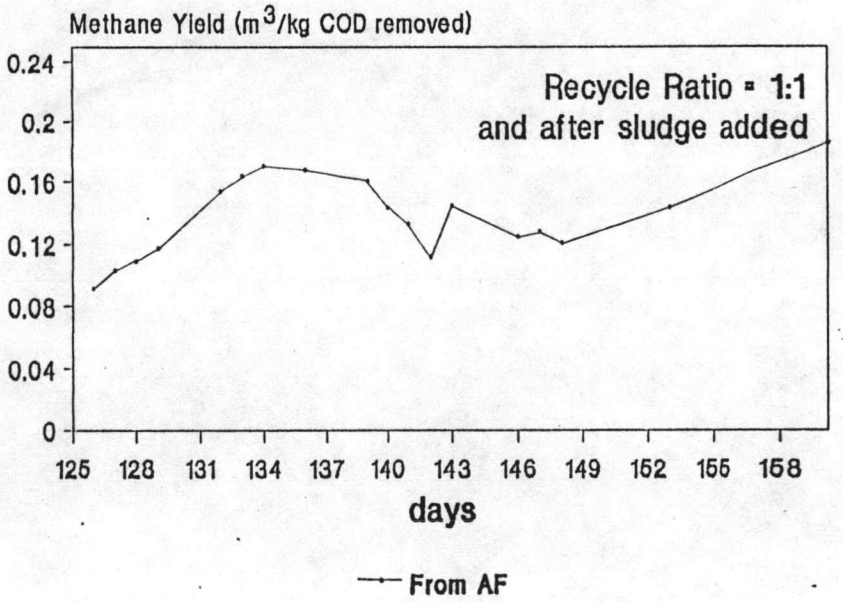
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.41 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.5 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.98 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ (days)		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3 day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF	UASB		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
160	3.07	2.00	2.21	17.51	2.88	65,532						593		
161	3.29	2.00	2.07	17.51	3.08	65,532	22,387	22,014	31.68	1.67	66.41	593	463	130
162	3.29	2.00	2.07	17.51	3.15	67,066	23,215	21,628	46.97	6.84	67.00	694	752	260
163	3.31	1.88	2.05	18.60	3.17	67,066	23,334	20,626	47.38	11.61	69.25	694	463	202
164														
166	3.53	2.50	1.93	14.01	3.12	62,040	28,367	22,653	35.30	20.14	66.22	607	1,244	275
167	3.59	2.50	1.89	14.01	3.18	62,040	29,629	23,457	30.03	20.83	62.19	607	1,272	448
168	3.59	2.50	1.89	14.01	3.15	61,476	29,918	23,361	30.01	21.92	62.35	607	1,186	477
169	3.45	2.04	1.97	17.15	3.03	61,476	29,918	22,746	29.47	23.97	63.00	607	1,186	419
170	3.68	2.04	1.85	17.15	3.09	58,702	31,173	24,088	25.97	22.73	60.82	549	1,186	448
171	3.66	2.25	1.86	15.53	3.07	58,702	31,453	24,396	24.02	22.44	58.44	549	1,070	318
173	3.63	2.25	1.87	15.53	2.98	57,487	28,744	24,695	30.82	14.09	57.93	549	1,186	434
174	3.64	2.95	1.87	11.88	2.99	57,487	30,489	25,001	25.80	18.00	56.51	549	1,215	492
175	3.66	2.49	1.86	14.05	2.83	54,249	27,934	24,898	32.27	10.87	56.69	463	1,244	492
176	3.66	2.49	1.86	14.05	2.83	54,249	29,437	23,388	25.61	20.55	56.89	463	1,215	246
177	3.54	2.79	1.92	12.55	3.09	61,042	30,304	25,975	21.93	14.29	52.12	492	1,157	405
178	3.54	2.79	1.92	12.55	3.09	61,042	30,737	26,408	29.35	14.08	56.74	492	1,244	463
181	3.56	2.48	1.91	14.10	3.01	59,321	27,966	24,999	36.04	10.61	59.05	463	1,012	347
182	3.56	2.48	1.91	14.10	3.01	59,321	29,999	27,446	28.84	8.51	53.73	463	882	477
183	3.56	2.48	1.91	14.10	3.21	63,134	29,141	25,944	32.83	10.97	56.27	434	1,038	311
184	3.56	2.48	1.91	14.10	3.21	63,134	29,852	26,332	32.98	11.79	58.29	434	854	374
185	3.99	1.83	1.71	19.12	3.38	59,348	28,235	24,537	36.88	13.10	61.14	427	1,220	305
188														
189	3.99	1.83	1.71	19.12	3.34	58,642	30,478	27,161	27.33	10.88	54.23	488	1,739	717
190	2.18	1.37	3.13	25.51	1.82	58,642	31,001	26,168	27.74	15.59	55.38	488	1,495	603
191	2.18	1.37	3.13	25.51	1.82	58,642	31,334	27,001	26.11	13.83	53.96	488	1,312	763

ตาราง ค. 5 (ต่อ)

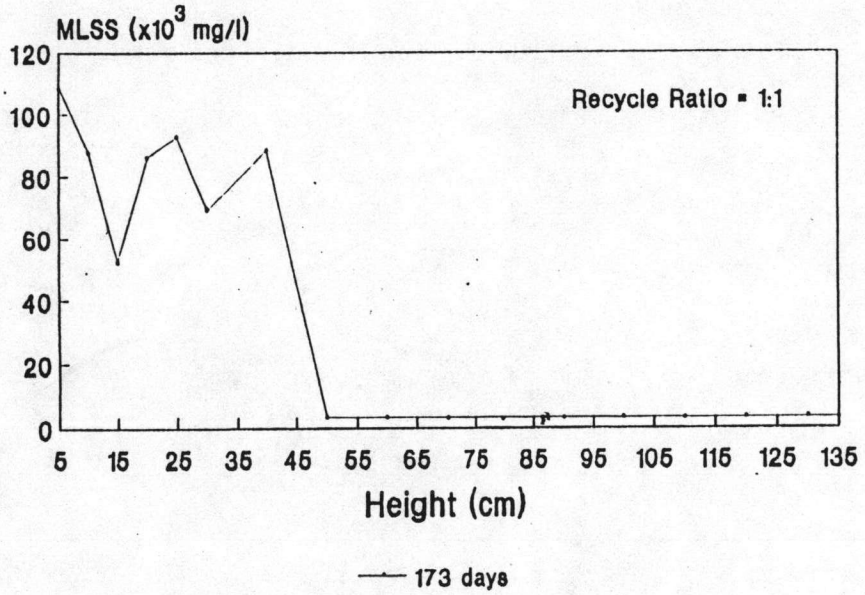
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	AF		UASB	
												CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
160	4.3									-	-	-	-	-	-
161	4.3	7.6	8.3				-	1,640	2,190	17,137	999	61.35	38.65	27.68	72.32
162	4.3	7.7	8.3	2,035	7,703	6,008				16,156	661	61.43	38.57	27.68	72.32
163	4.3	7.6	8.3							22,333	1,227	61.66	38.34	27.40	72.60
164										22,794	1,187				
166	4.6	7.8	7.9	2,471	8,769	6,395	-	1,370	2,360	18,769	1,942	56.87	43.13	30.68	69.32
167	4.6	7.7	7.9							18,776	1,931	64.97	35.03	32.36	67.64
168	4.4	7.7	7.8							17,637	1,992	66.33	33.67	31.39	68.61
169	4.4	8	7.9							18,273	2,032	66.58	33.42	31.34	68.66
170	4.4	7.7	8	2,277	9,206	6,928	1,285	3,780	2,360	15,211	1,929	66.41	33.59	31.61	68.39
171	4.4	7.6	8.3							18,336	2,063	77.37	22.63	41.71	58.29
173	4.5	8	8.3							16,320	2,135	67.27	32.73	44.21	55.79
174	4.5	7.9	8.1				-	1,605	2,700	15,568	2,090	69.29	30.71	30.70	69.30
175	4.6	7.8	8.2							15,071	1,661	69.85	30.15	32.27	67.73
176	4.6	7.7	8.5							12,939	1,524	69.77	30.23	32.87	67.13
177	4.6	7.7	7.8	1,793	8,818	6,541				13,440	2,551	69.94	30.06	30.68	69.32
178	4.6	7.6	7.9							14,507	2,190	70.84	29.16	30.10	69.90
181	4.7	7.7	8.1	2,035	9,012	6,444				11,235	1,891	54.47	45.53	27.25	72.75
182	4.7	7.6	7.9							14,405	1,789	71.58	28.42	28.49	71.51
183	4.6	7.7	8.4	2,374	9,012	7,025	1,705	2,020	2,580	14,068	1,687	70.84	29.16	29.80	70.20
184	4.6	7.8	8.6							11,339	1,672	66.69	33.31	28.77	71.23
185	4.7	8.1	8.7	2,727	9,470	6,991				10,810	1,577	66.91	33.09	28.39	71.61
188										14,675	1,897				
189	4.8	7.8	8.3	2,380	9,024	7,982	3,675	2,050	1,890	13,932	2,207	72.13	27.87	33.27	66.73
190	4.8	7.9	8.3	2,380	9,217	7,487				15,426	2,323	74.71	25.29	30.12	69.88
191	4.8	7.9	8.2	2,380	9,371	7,933				15,078	2,019	75.87	24.13	28.83	71.17

ตาราง ค. 5 (ต่อ)

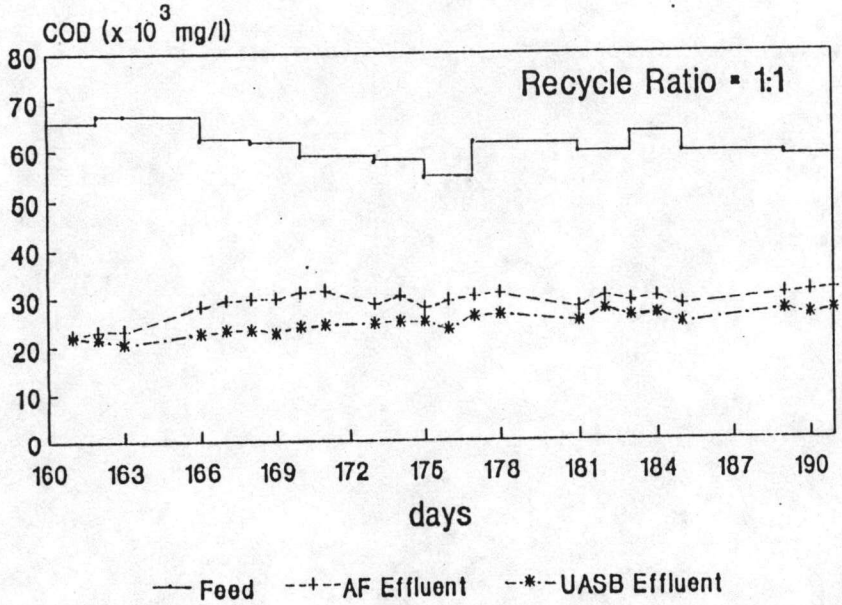
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
160	-	-	-	-	-	-	-	-
161	0.170207	0.53733	0.065785	0.20768	0.02233	1.340214	0.016149	0.96924
162	0.112287	0.23909	0.043309	0.092215	0.014248	0.208421	0.010304	0.15073
163	0.153209	0.32334	0.05874	0.123969	0.027948	0.24082	0.02029	0.17483
164	-	-	-	-	-	-	-	-
166	0.121265	0.3435	0.0523	0.14815	0.027395	0.136001	0.01899	0.09428
167	0.125774	0.4188	0.044058	0.146705	0.026079	0.125196	0.01764	0.08468
168	0.114959	0.38302	0.038707	0.128962	0.026643	0.121568	0.01828	0.08341
169	0.120031	0.40731	0.040114	0.136122	0.033271	0.138789	0.022844	0.09529
170	0.104584	0.40265	0.03513	0.135249	0.030313	0.133372	0.020731	0.09121
171	0.120305	0.50091	0.027225	0.113356	0.029105	0.129719	0.016965	0.07561
173	0.107224	0.34791	0.035094	0.113872	0.032959	0.233977	0.018388	0.13054
174	0.104293	0.40422	0.032028	0.124135	0.023273	0.129297	0.016128	0.0896
175	0.100368	0.31101	0.030261	0.093771	0.023872	0.219649	0.016169	0.14877
176	0.089383	0.34895	0.02702	0.105489	0.020785	0.101149	0.013953	0.0679
177	0.094649	0.43152	0.028452	0.129714	0.030183	0.211288	0.020923	0.14646
178	0.09412	0.32064	0.027445	0.093498	0.025547	0.181388	0.017857	0.12679
181	0.072531	0.20124	0.033023	0.091626	0.027237	0.256724	0.019815	0.18677
182	0.096062	0.33303	0.027301	0.094647	0.024021	0.282262	0.017178	0.20185
183	0.091169	0.27771	0.026585	0.080979	0.023319	0.212552	0.01637	0.14921
184	0.071577	0.21706	0.023842	0.072303	0.022561	0.191332	0.01607	0.13629
185	0.067942	0.18422	0.022482	0.060958	0.030517	0.233006	0.021853	0.16686
188	0.087765	0.08776	-	-				
189	0.08325	0.30457	0.02320	0.08488	0.039566	0.363545	0.026402	0.24259
190	0.090194	0.32515	0.02281	0.082231	0.054624	0.350382	0.038171	0.24485
191	0.163421	0.62595	0.039433	0.151041	0.046971	0.33967	0.033429	0.24174

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

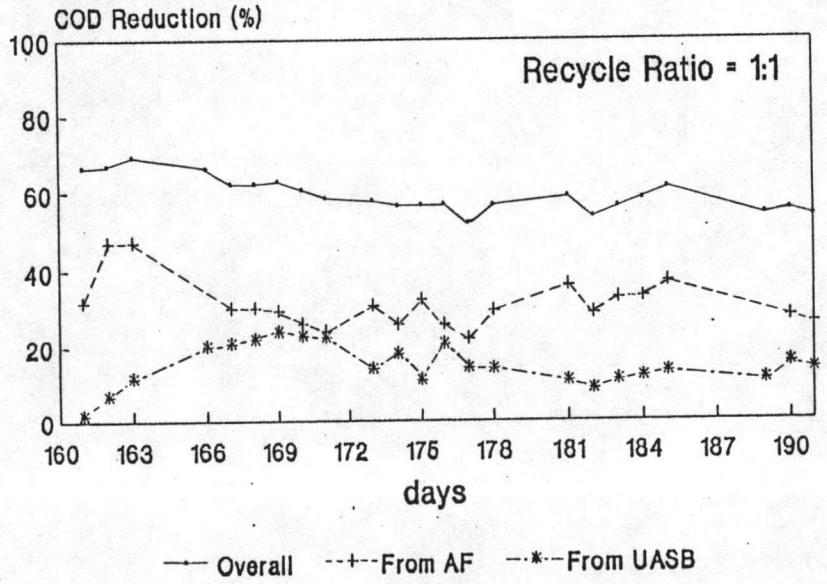
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าครรชนีต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.98 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



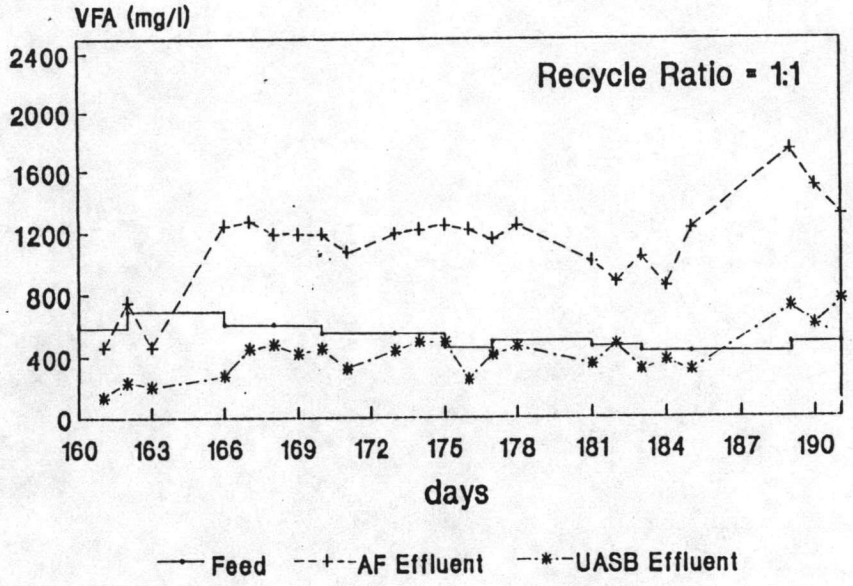
รูปที่ ค.42 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 173 หลังจากเริ่มทดลอง



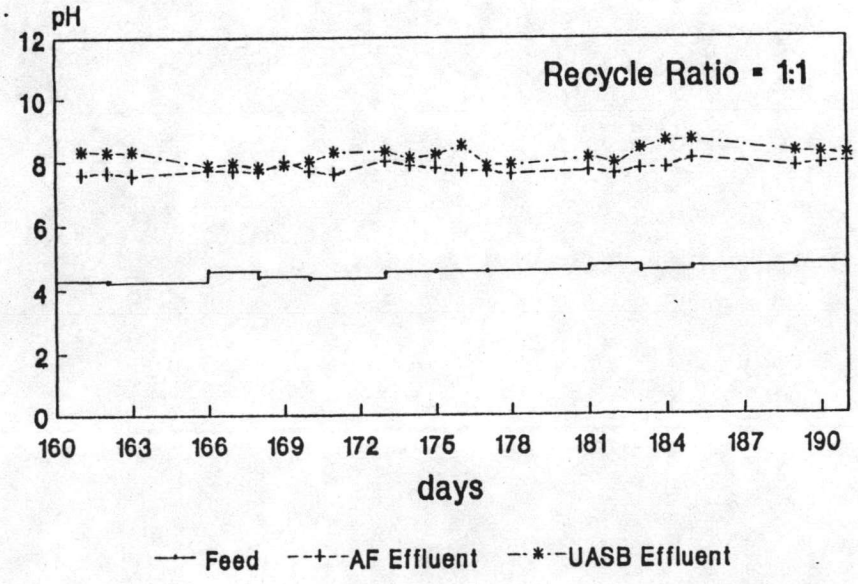
รูปที่ ค.43 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



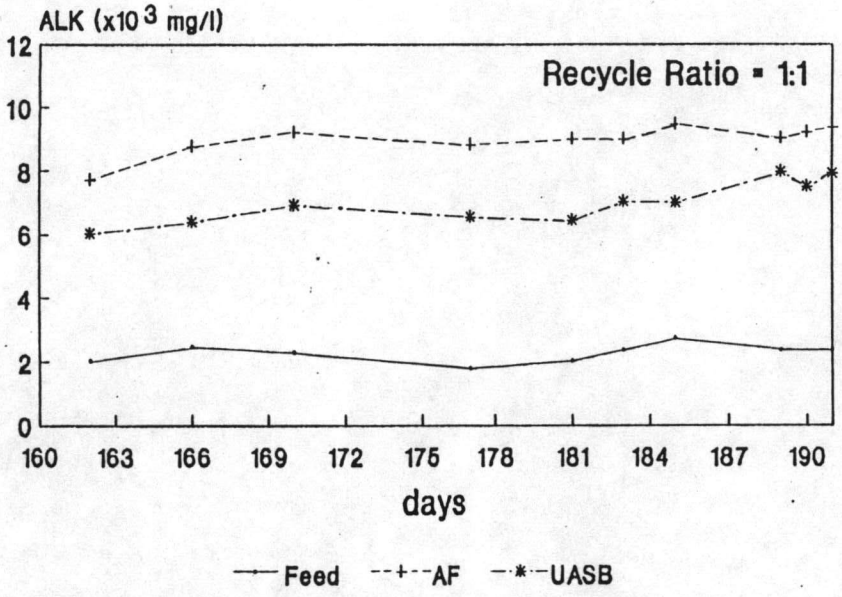
รูปที่ ค.44 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



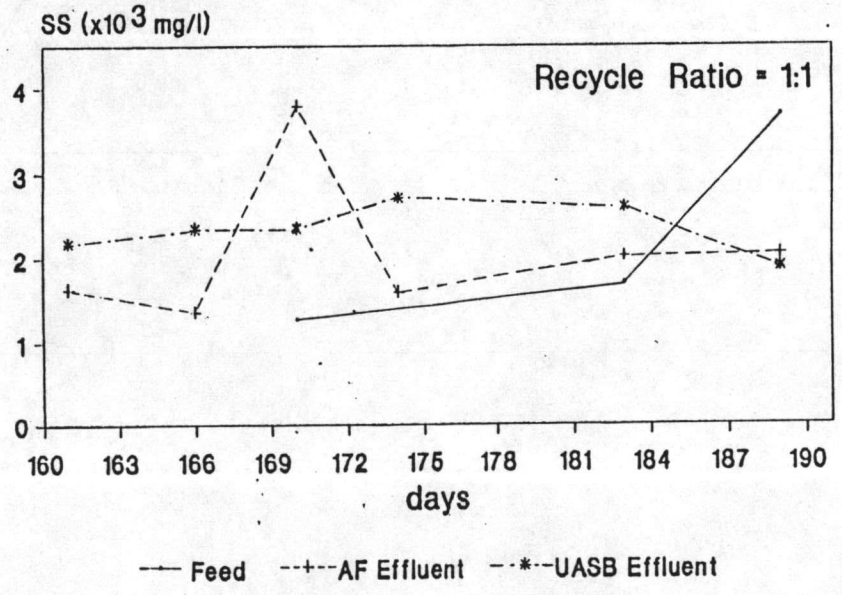
รูปที่ ค.45 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



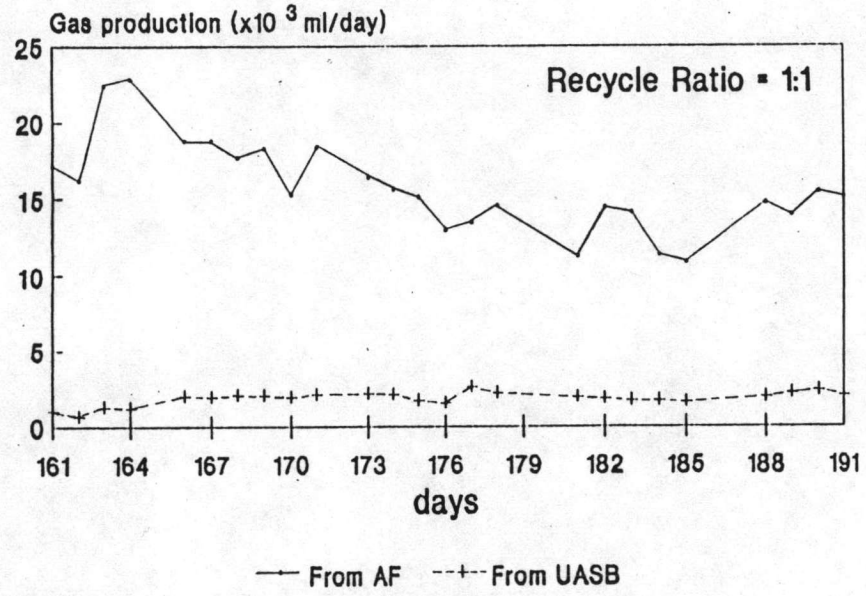
รูปที่ ค.46 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



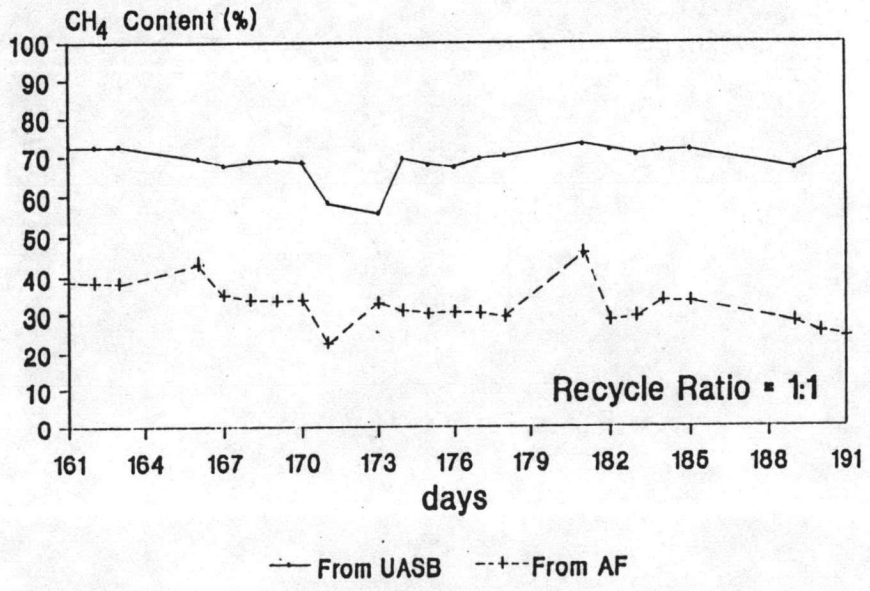
รูปที่ ค.47 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.48 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

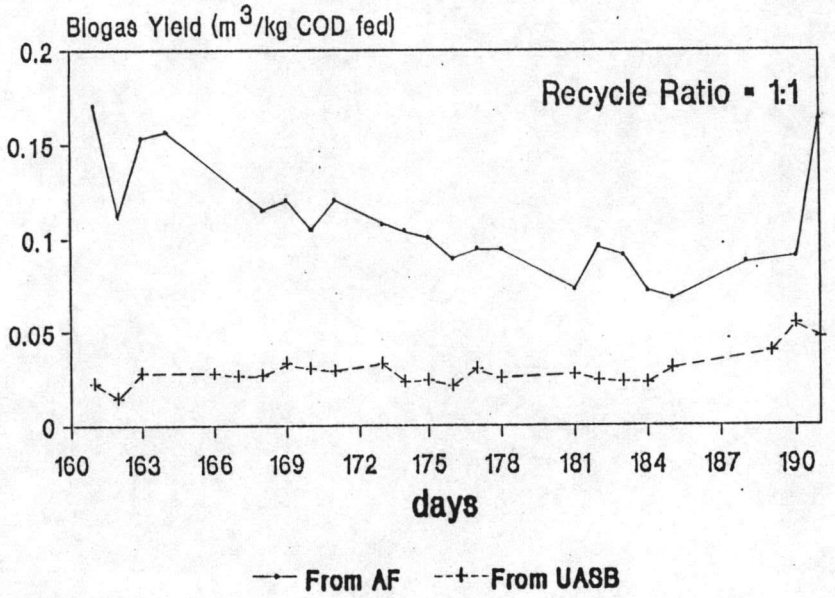


รูปที่ ค.49 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

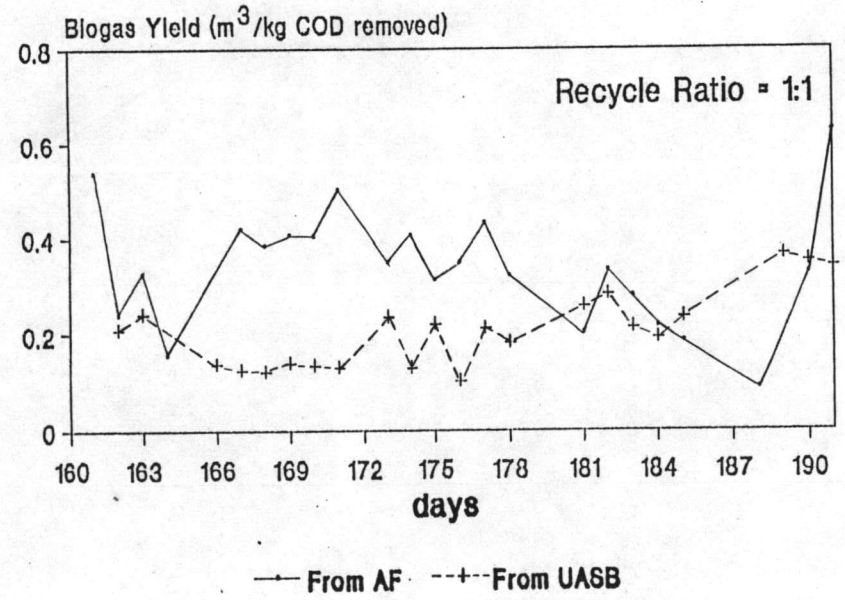


รูปที่ ค.50 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

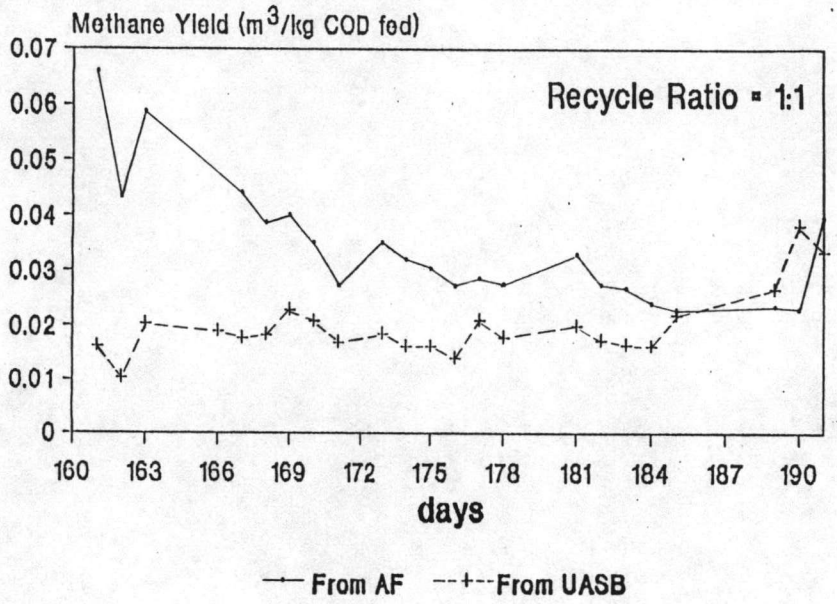


รูปที่ ค.51 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

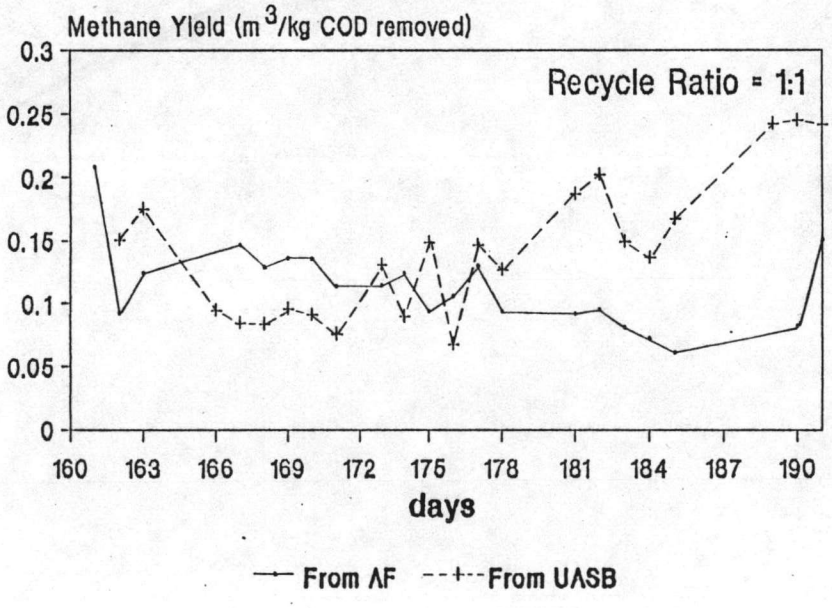
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.52 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.6 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อน

สารอินทรีย์ 6.38 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ (days)		อัตรการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3. day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF	UASB		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
197	4.52	1.37	1.51	25.51	4.03	62,500						580		
198	4.25	2.76	1.60	12.70	3.79	62,500	31,076	28,100	-	9.58	55.04	580	1,342	870
199	7.08	2.76	0.96	12.70	6.71	66,358	31,605	28,642	30.23	9.38	54.17	549	1,403	763
202	7.05	4.17	0.96	8.40	6.45	64,027	33,497	30,245	29.48	9.71	54.42	488	2,044	1,251
203	7.05	4.17	0.96	8.40	6.45	64,027	34,148	29,920	27.55	12.38	53.27	488	1,800	1,312
204	6.23	3.61	1.09	9.71	5.43	60,990	31,937	29,678	32.01	7.07	53.65	488	1,892	1,159
206	6.27	4.26	1.08	8.21	5.26	58,673	32,973	31,020	27.27	5.92	49.14	127	2,136	1,403
209	6.78	4.05	1.00	8.64	5.78	59,693	32,326	31,020	27.92	4.04	47.13	580	1,953	1,151
210	6.78	4.05	1.00	8.64	5.78	59,693	32,711	30,768	27.88	5.94	48.46	580	1,739	1,403
211	7.61	3.88	0.89	9.03	6.60	60,742	32,449	30,522	28.26	5.94	48.87	488	1,648	885
212	7.61	3.88	0.89	9.03	6.60	60,742	32,711	29,796	28.32	8.91	50.95	488	1,464	702
213	7.51	5.46	0.91	6.41	6.11	56,958	32,259	30,646	28.74	5.00	49.55	610	2,075	1,190
216	7.65	7.59	0.89	4.61	6.31	57,768	31,872	29,641	27.24	7.00	47.96	610	1,831	1,007
217	7.65	4.70	0.89	7.45	6.31	57,768	31,112	29,207	28.81	6.12	49.44	610	1,861	915
218	7.59	4.73	0.90	7.41	6.40	59,030	32,065	28,890	26.27	9.90	49.99	549	1,831	1,129
219	7.59	4.73	0.90	7.41	6.40	59,030	30,553	29,608	30.50	3.09	49.84	549	1,739	1,129
220	7.66	3.74	0.89	9.37	6.89	62,995	31,183	29,293	29.64	6.06	50.38	470	1,735	941
223	7.60	5.98	0.89	5.85	6.54	60,220	31,578	28,501	31.57	9.74	54.76	529	2,058	1,088
224	7.60	5.98	0.89	5.85	6.54	60,220	32,694	29,251	26.30	10.53	51.43	529	2,117	1,000
225	7.36	4.35	0.92	8.04	6.57	62,502	33,196	29,877	25.79	10.00	50.39	676	2,440	926
226	7.36	4.35	0.92	8.04	6.57	62,502	33,155	29,527	28.22	10.94	52.76	676	2,352	985
227	7.52	7.24	0.90	4.84	6.47	60,185	34,238	29,959	25.59	12.50	52.07	647	2,293	970

ตาราง ค. 6 (ต่อ)

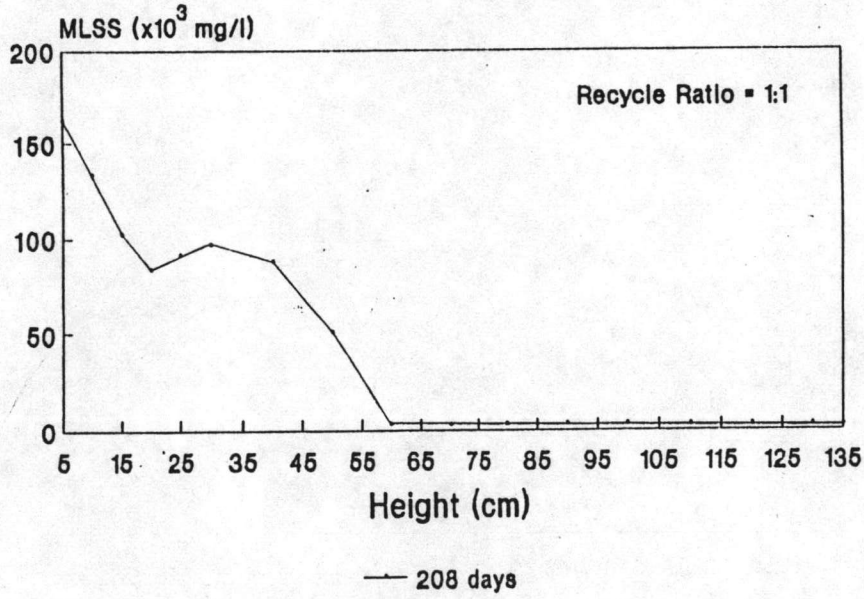
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	AF		UASB	
												CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
197	4.5			2,082								71.34	28.66	29.25	70.75
198	4.5	7.7	8		9,024	7,883				13,634	1,733	79.39	20.61	31.31	68.69
199	4.2	7.9	8.4							11,511	1,951	81.42	18.58	31.77	68.23
202	4.6	7.8	8.4	1,240	8,181	7,288				16,273	2,228	75.56	24.44	30.01	69.99
203	4.6	7.6	8.1							16,372	2,510	84.58	15.42	31.77	68.23
204	4.4	7.7	8							17,931	2,816	80.12	19.88	41.96	58.04
206	4.7	7.6	7.9				5,600	2,610	3,080	16,626	3,167	77.90	22.10	37.80	62.20
209	4.6	7.9	8.4	2,082	9,271	8,181				17,156	4,308	74.60	25.40	37.84	62.16
210	4.6	7.9	8.2							16,095	4,894	75.56	24.44	32.20	67.80
211	4.5	7.8	8				4,860	4,900	2,240	13,350	4,946	77.28	22.72	32.62	67.38
212	4.5	8	8.2							13,680	4,446	75.67	24.33	28.04	71.96
213	4.2	8.1	8.4							21,018	5,273	81.65	18.35	30.94	69.06
216	4.2	8	8.5	1,388	8,726	7,734				20,058	5,100	78.51	21.49	30.65	69.35
217	4.2	7.7	8.1							22,022	5,450	82.69	17.31	29.93	70.07
218	4.3	8	8.3				7,240	5,980	2,940	19,584	5,380	75.30	24.70	29.30	70.70
219	4.3	7.9	8.5							24,048	5,935	80.79	19.21	31.33	68.67
220	4.3	8.1	8.5	1,785	8,875	7,487				21,621	5,344	81.11	18.89	29.98	70.02
223	4.4	7.7	7.9	1,934	8,875	7,734	4,320	1,460	2,850	20,695	6,887	76.98	23.02	29.07	70.93
224	4.4	7.8	8.2	1,934	9,073	7,883				25,366	6,617	80.96	19.04	29.25	70.75
225	4.3	7.7	8.1	1,587	9,073	8,181	2,485	1,340	3,720	24,701	7,496	81.04	18.96	29.20	70.80
226	4.3	8.1	8.6	1,587	9,371	8,082				25,543	7,367	80.11	19.89	31.60	68.40
227	4.4	7.9	8.4	2,033	9,569	8,181	2,400	2,280	4,730	25,402	7,622	80.02	19.98	29.80	70.20

ตาราง ค. 6 (ต่อ)

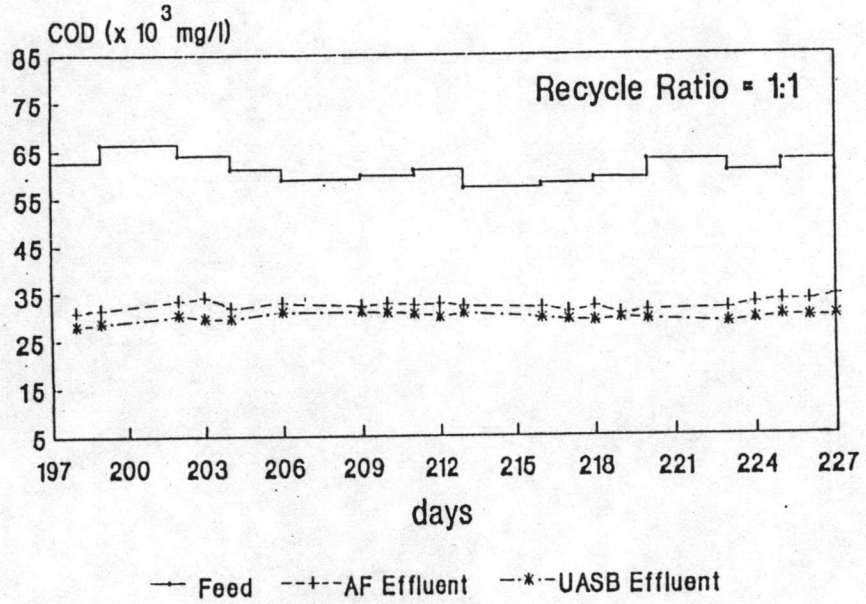
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
197								
198	0.096586	-	0.01991	-	0.02023	0.211248	0.013896	0.145106
199	0.059843	0.19795	0.01112	0.03678	0.022394	0.238865	0.015279	0.162977
202	0.04841	0.16421	0.01183	0.04013	0.015957	0.164368	0.011169	0.115041
203	0.049278	0.17884	0.0076	0.02758	0.017634	0.142426	0.012032	0.097177
204	0.054157	0.16918	0.01077	0.03363	0.024455	0.345731	0.014193	0.200663
206	0.058829	0.21575	0.013	0.04768	0.02254	0.380552	0.01402	0.236703
209	0.060984	0.21844	0.01549	0.05548	0.032888	0.814032	0.020443	0.506002
210	0.052335	0.18771	0.01279	0.04588	0.036921	0.621585	0.025033	0.421434
211	0.04353	0.15404	0.00989	0.035	0.039325	0.662199	0.026497	0.44619
212	0.03942	0.13921	0.00959	0.03387	0.035066	0.393502	0.025234	0.283164
213	0.06105	0.21243	0.0112	0.03898	0.029934	0.598653	0.020672	0.41343
216	0.06098	0.22389	0.0131	0.04811	0.02108	0.301142	0.014619	0.208842
217	0.065893	0.22869	0.01141	0.03959	0.0373	0.60918	0.026136	0.426852
218	0.058891	0.22421	0.01455	0.05538	0.035507	0.358591	0.025103	0.253524
219	0.072049	0.23624	0.01384	0.04538	0.041108	1.329078	0.028229	0.912678
220	0.064253	0.21678	0.01214	0.04095	0.045858	0.756606	0.03211	0.529776
223	0.058573	0.18555	0.01348	0.04271	0.036442	0.37399	0.025848	0.265271
224	0.075252	0.28614	0.01433	0.05448	0.033818	0.321131	0.023926	0.2272
225	0.072665	0.2817	0.01378	0.05341	0.051872	0.518816	0.036726	0.367322
226	0.075114	0.26618	0.01494	0.05294	0.051043	0.46646	0.034913	0.319059
227	0.074983	0.29298	0.01498	0.05854	0.030758	0.246108	0.021592	0.172768

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

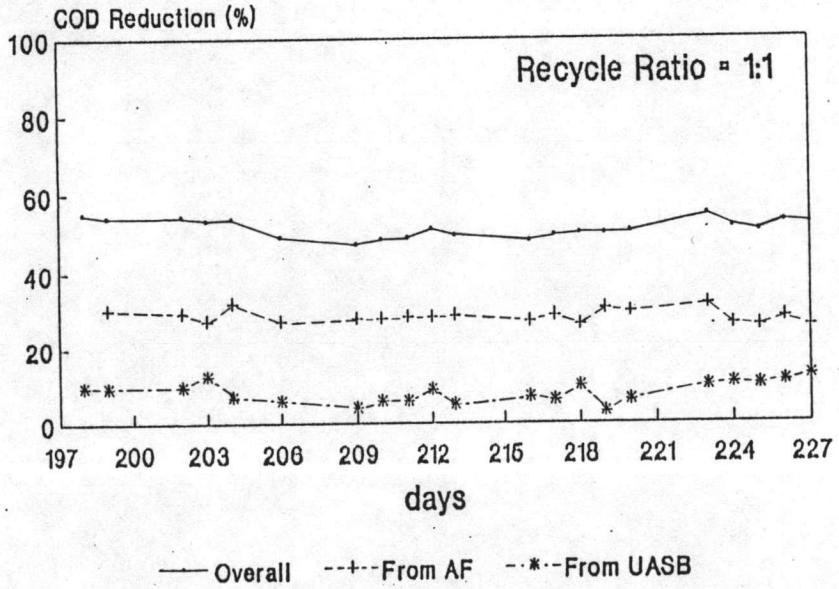
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความชันต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.38 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



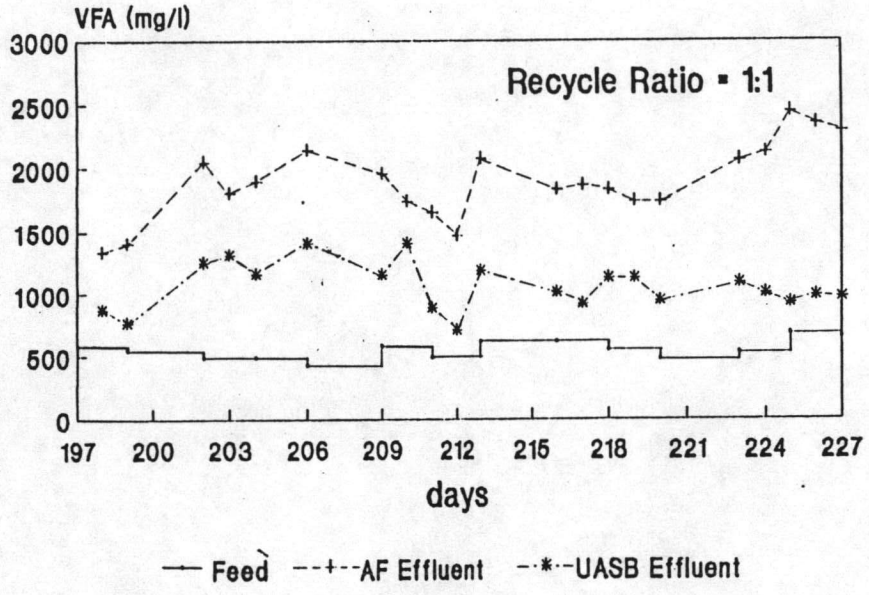
รูปที่ ค.53 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 208 หลังจากเริ่มทดลอง



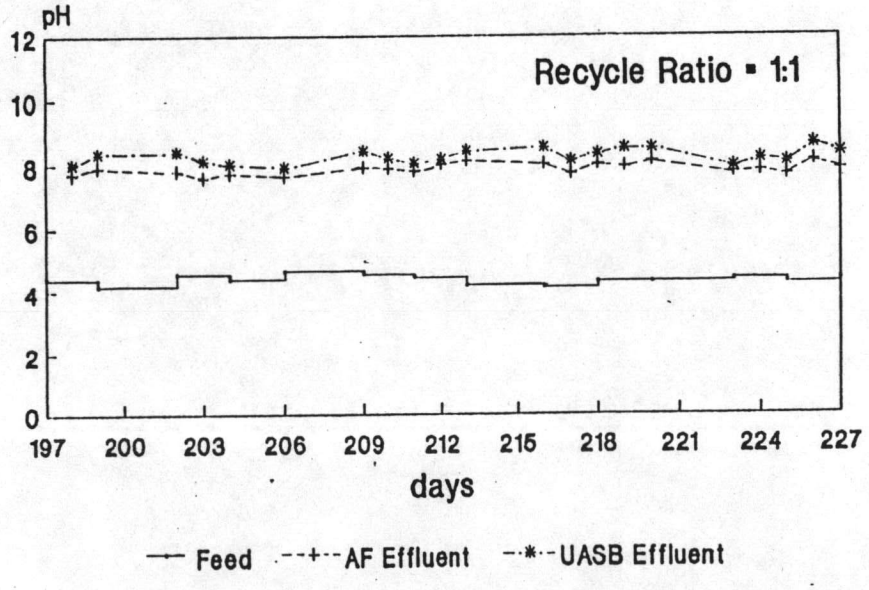
รูปที่ ค.54 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



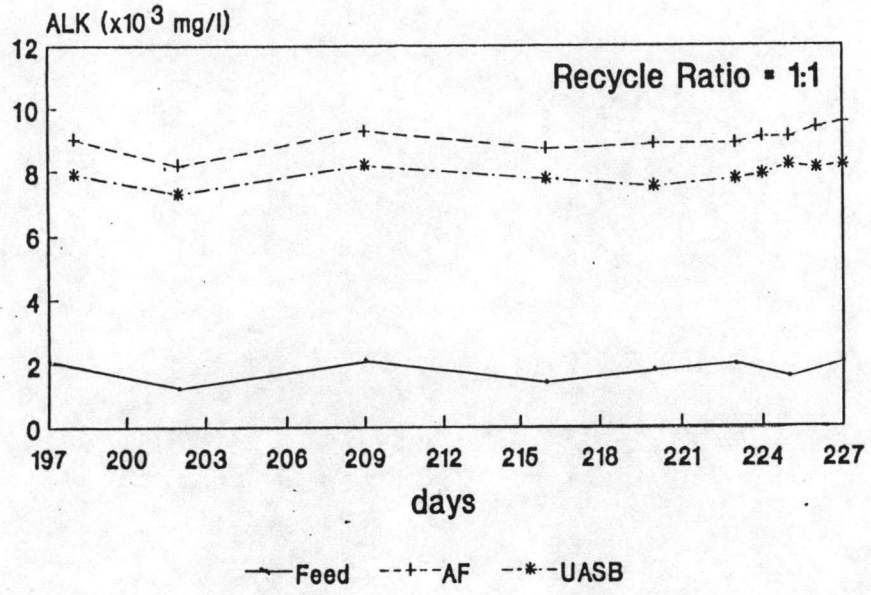
รูปที่ ค.55 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



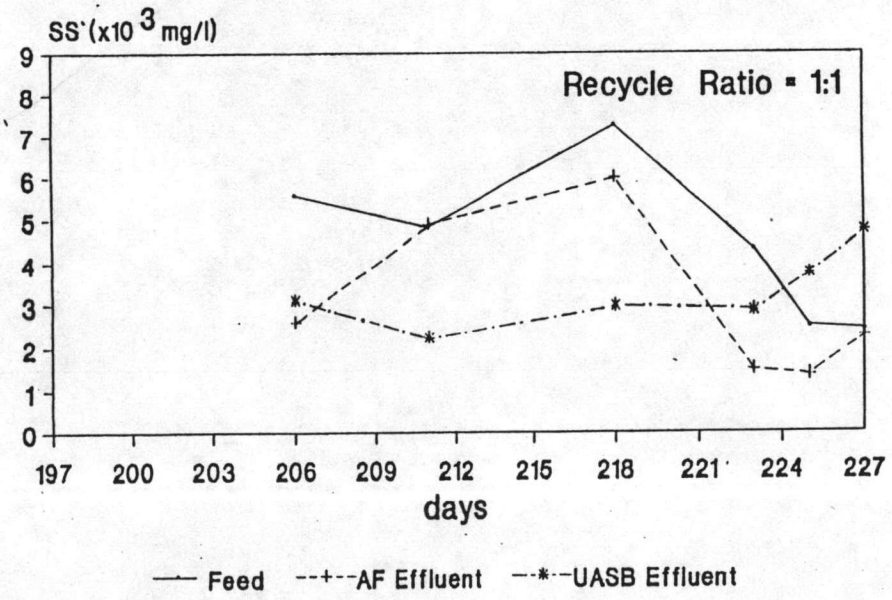
รูปที่ ค.56 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



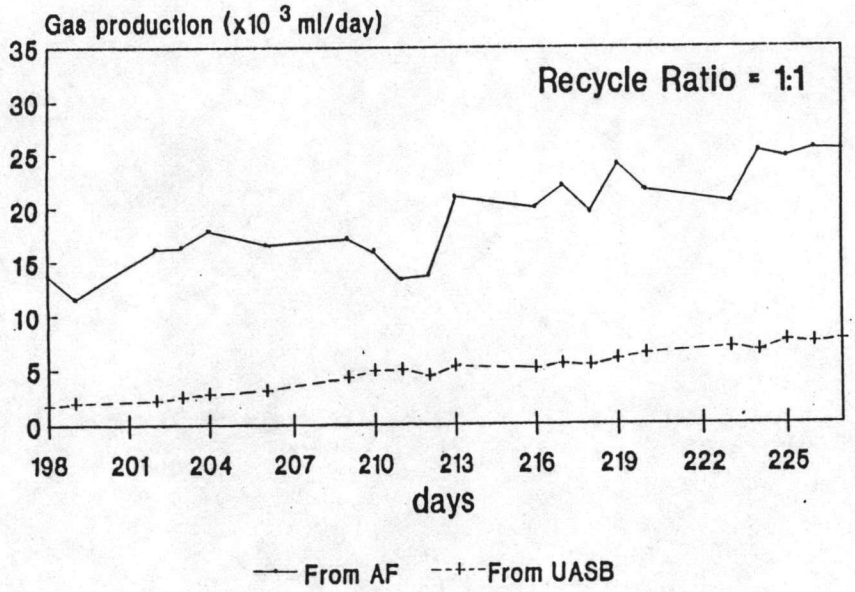
รูปที่ ค.57 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



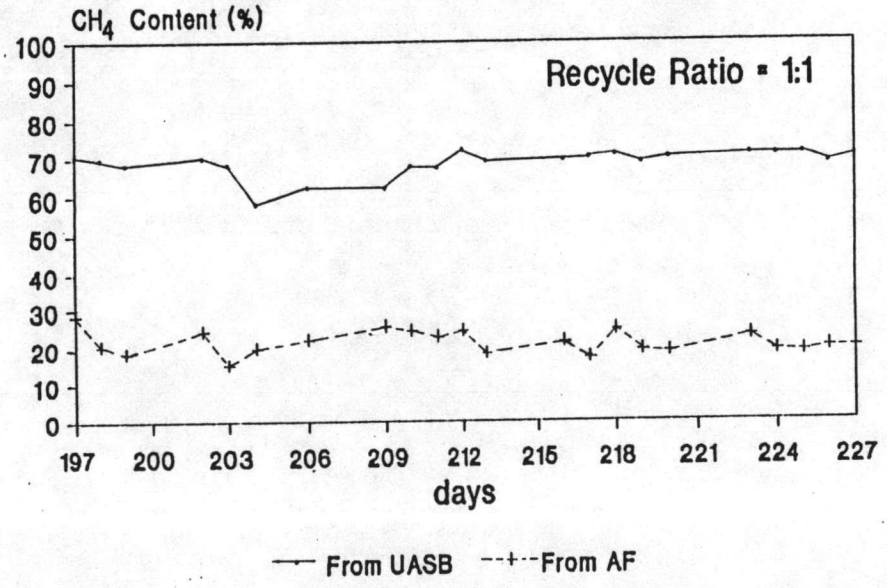
รูปที่ ค.58 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.59 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

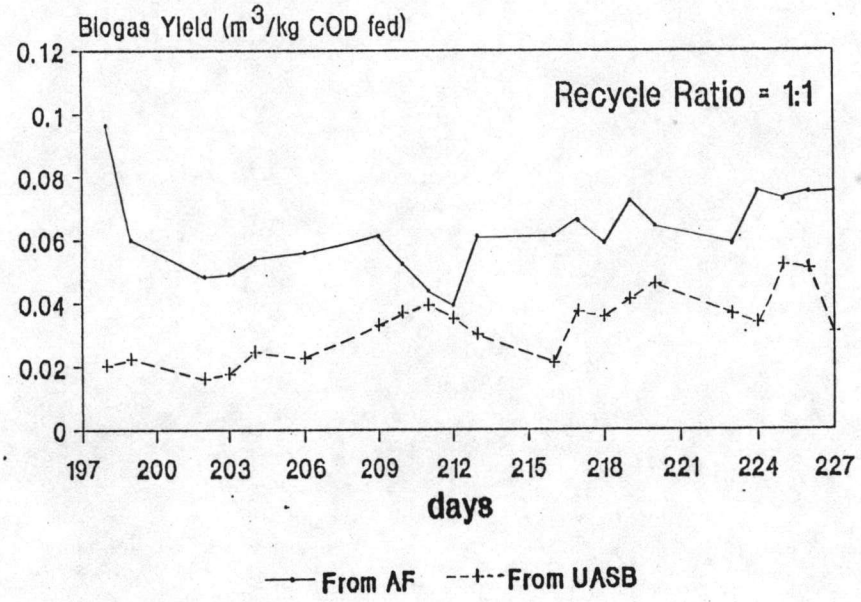


รูปที่ ค.60 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

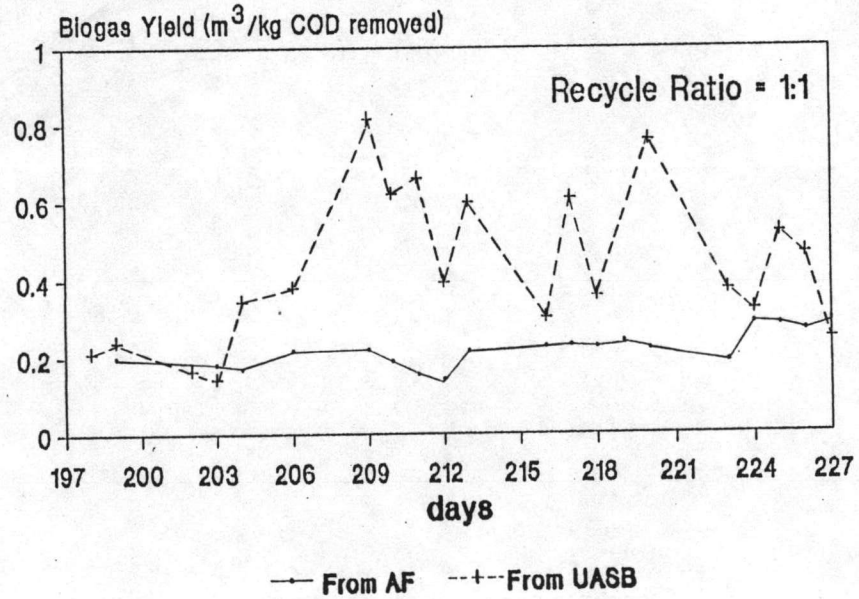


รูปที่ ค.61 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

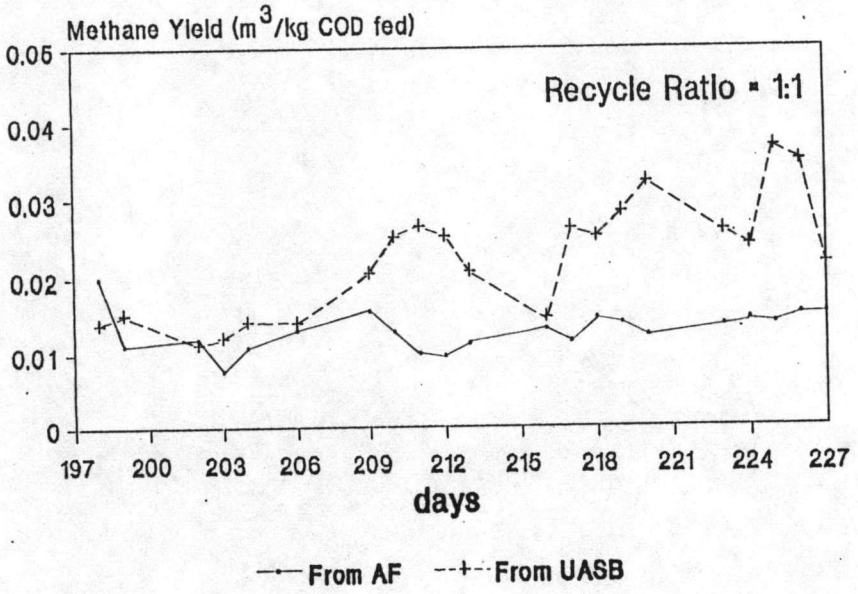


รูปที่ ค.62 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

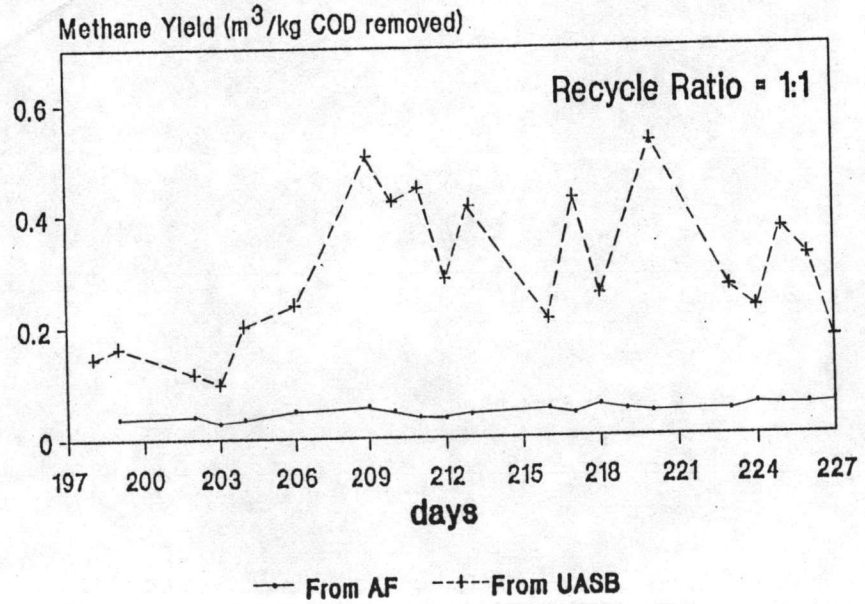
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.63 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.7 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 8.20 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ (days)		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3. day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF	UASB		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
230	9.45	5.23	0.72	6.69	8.41	62,244						588		
231	9.45	5.23	0.72	6.69	8.41	62,244	34,007	29,796	-	12.38	52.13	588	2,940	1,322
232	9.38	5.63	0.72	6.21	8.48	63,252	34,377	31,807	25.30	7.48	48.90	470	3,057	1,646
233	9.38	5.63	0.72	6.22	8.48	63,252	33,784	31,235	28.92	7.54	50.62	470	3,028	1,646
234	9.19	7.38	0.74	4.74	8.21	62,502	33,497	30,896	29.10	7.76	51.15	500	2,969	1,764
236	9.18	5.62	0.74	6.23	8.20	62,500	33,280	30,080	28.74	9.62	51.87	441	3,557	1,882
237	9.18	5.62	0.74	6.23	8.20	62,500	35,020	31,164	24.35	11.01	50.14	441	3,851	2,117
238	7.18	5.93	0.95	5.91	6.49	63,256	35,950	30,444	23.24	15.32	51.29	529	3,969	2,081
239	7.18	5.93	0.95	5.91	6.49	63,256	34,240	31,360	26.92	8.41	50.42	529	3,116	2,087
240	9.22	8.17	0.74	4.28	7.84	59,500	34,880	31,360	26.27	10.09	50.42	470	3,204	1,852
243	9.19	7.29	0.74	4.80	7.82	59,593	31,938	30,388	29.70	4.85	48.93	500	2,852	1,646
245	9.50	6.82	0.72	5.13	8.16	60,094	31,691	30,460	29.56	3.88	48.89	470	2,440	1,235
246	9.50	6.82	0.72	5.13	8.16	60,094	32,997	31,441	27.12	4.72	47.68	470	2,705	1,352
247	9.35	8.75	0.73	4.00	8.22	61,532	32,868	28,572	28.18	13.07	52.45	412	2,234	911
248	9.34	11.00	0.73	3.18	8.59	64,409	31,450	27,786	30.19	11.65	54.84	500	1,970	647
249	9.34	11.00	0.73	3.18	8.18	61,328	33,872	28,066	26.52	17.14	56.43	647	2,587	529
250	9.37	5.46	0.73	6.41	8.21	61,328	39,356	30,324	11.95	22.95	50.55	647	5,527	1,235
257	9.37	5.46	0.73	6.41	8.50	63,479	33,439	32,189	27.03	3.74	47.51	882	4,057	2,646
258	9.29	7.94	0.73	4.41	8.42	63,479	33,516	31,303	29.93	6.60	50.69	882	4,028	3,057
259	9.47	7.87	0.72	4.45	8.65	63,990	36,192	32,382	23.63	10.53	48.99	529	4,380	3,057
261	9.08	7.11	0.75	4.92	8.43	64,944	35,939	33,595	25.42	6.52	47.50	529	4,777	2,852
262	9.08	7.11	0.75	4.92	8.43	64,944	37,347	35,846	24.20	4.02	44.80	519	4,704	3,087
263	9.22	8.37	0.74	4.18	8.84	67,103	37,840	34,730	24.91	8.22	46.52	588	4,763	3,146
264	9.22	8.37	0.74	4.18	8.84	67,103	38,276	34,311	24.83	10.36	48.87	588	4,821	2,969
265	9.22	8.37	0.74	4.18	8.84	67,103	37,587	34,138	25.87	9.18	49.13	588	4,851	2,910

ตาราง ค. 7 (ต่อ)

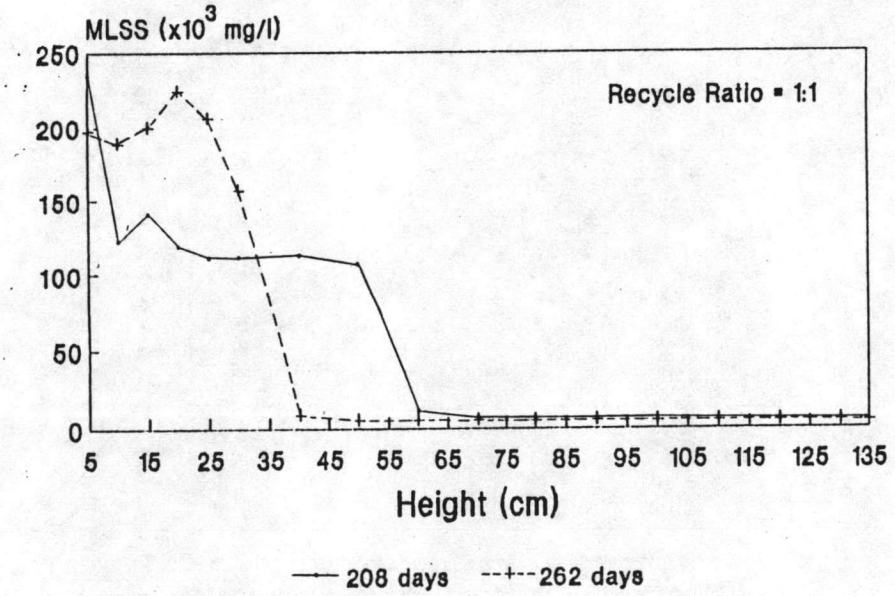
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
												AF		UASB	
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
230	4.5			1,785						-	-	-	-	-	-
231	4.5	7.8	8.4		9,123	8,230				27,289	6,789	83.22	16.78	29.88	70.12
232	4.7	7.7	8				1,595	1,995	4,460	32,492	9,131	82.94	17.06	30.05	69.95
233	4.7	7.6	7.9							34,440	9,756	83.26	16.74	29.00	71.00
234	4.6	7.8	8.2							34,107	11,178	81.70	18.30	29.58	70.42
236	4.7	7.4	7.9	2,380	9,123	8,677				24,597	7,341	82.66	17.34	32.56	67.44
237	4.7	7.5	8							34,345	13,302	88.36	11.64	34.42	65.58
238	4.7	7.5	8				1,160	1,890	5,120	27,457	14,008	85.91	14.09	32.42	67.58
239	4.7	7.8	8.1							20,951	14,786	87.68	12.32	30.37	69.63
240	4.5	7.5	7.9							20,928	14,161	87.37	12.63	33.06	66.94
243	4.4	7.6	7.9	1,289	8,478	7,784				27,140	15,092	86.17	13.83	30.22	69.78
245	4.4	7.7	8.2				1,170	2,360	8,795	21,139	12,629	86.17	13.83	28.31	71.69
246	4.4	7.5	8.2							24,692	13,807	86.36	13.64	28.70	71.30
247	4.5	7.7	8.2							49,213	10,627	87.74	12.26	26.65	73.35
248	4.4	8.1	8.6	1,339	9,024	6,644				27,711	8,497	83.29	16.71	20.77	79.23
249	4.5	7.6	8.4				4,750	2,380	4,485	25,363	4,254	88.40	11.60	20.69	79.31
250	4.5	7	8.3							30,614	6,199	90.29	9.71	25.39	74.61
257	4.5	7.5	8.3	1,686	9,668	8,429				14,348	11,870	87.06	12.94	21.15	78.85
258	4.5	7.4	8.2							12,807	6,744	90.45	9.55	17.35	82.65
259	4.6	7.4	8.3				2,907	1,800	3,550	19,625	10,365	92.27	7.73	28.95	71.05
261	4.6	7.5	8.3	1,834	9,123	8,577				22,451	11,025	92.92	7.08	29.80	70.20
262	4.6	7.6	8.3	1,834	9,470	9,172				24,806	12,644	94.53	5.47	28.34	71.66
263	4.6	7.5	8.3	1,934	9,519	8,726	2,310	2,050	5,360	21,809	12,893	92.44	7.56	29.37	70.63
264	4.6	7.3	8.1	1,934	9,600	8,957				25,200	14,940	94.68	5.32	28.95	71.05
265	4.6	7.5	8.1	1,934	9,402	8,561				22,976	16,326	91.56	8.44	28.40	71.60

ตาราง ค. 7 (ต่อ)

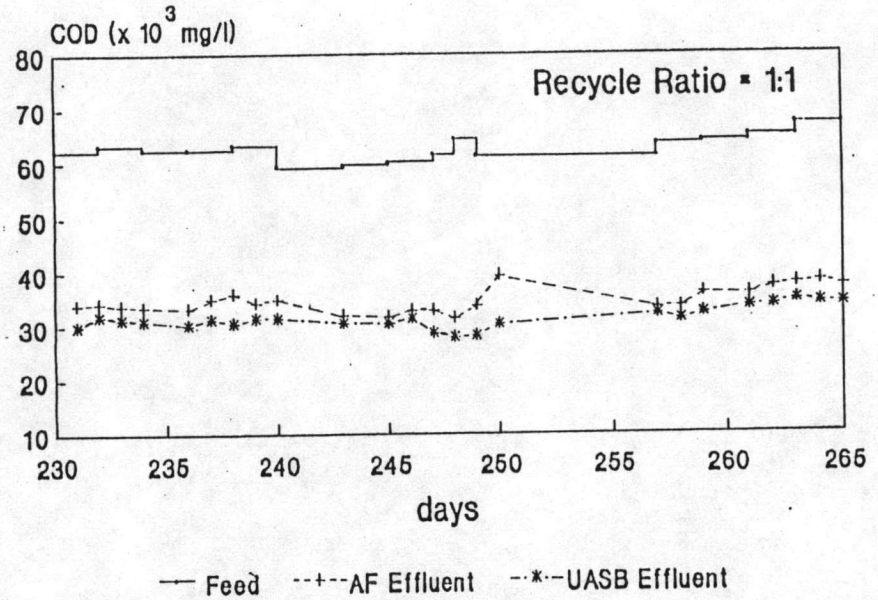
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
230	-	-	-	-	-	-	-	-
231	0.092758	-	0.015565	-	0.0381515	0.308102	0.02675	0.216041
232	0.07469	0.29522	0.012742	0.05036	0.0471498	0.630688	0.03298	0.441166
233	0.077214	0.26699	0.012926	0.04469	0.0512923	0.679819	0.03642	0.482672
234	0.07693	0.26439	0.014078	0.04838	0.0452305	0.582501	0.03185	0.410197
236	0.057283	0.19935	0.009933	0.03457	0.039251	0.408211	0.02647	0.275297
237	0.080808	0.33191	0.009406	0.03863	0.0675896	0.613845	0.04433	0.40256
238	0.063854	0.2748	0.008997	0.03872	0.0657419	0.429245	0.04443	0.290084
239	0.062286	0.23141	0.007674	0.02851	0.0728588	0.86621	0.05073	0.603142
240	0.061615	0.23454	0.007782	0.02962	0.0496736	0.49222	0.03325	0.329492
243	0.06481	0.21823	0.008963	0.03018	0.0647964	1.33514	0.04521	0.931661
245	0.051151	0.17304	0.007074	0.02393	0.0584017	1.503501	0.04187	1.07786
246	0.057402	0.21164	0.00783	0.02887	0.0613222	1.300417	0.04372	0.927197
247	0.113181	0.40157	0.013876	0.04923	0.0369479	0.282682	0.0271	0.207347
248	0.06581	0.21797	0.010997	0.03642	0.0245558	0.210775	0.01946	0.166997
249	0.058928	0.2222	0.006836	0.02577	0.0114147	0.066593	0.00905	0.052815
250	0.073357	0.6139	0.007123	0.05961	0.0288603	0.125756	0.02153	0.093826
257	0.0334	0.12356	0.004322	0.01599	0.0650411	1.739927	0.05128	1.371932
258	0.028561	0.09542	0.002728	0.00911	0.0253518	0.383955	0.02095	0.317338
259	0.044599	0.18873	0.003448	0.01459	0.0363942	0.345716	0.02586	0.245631
261	0.049225	0.19368	0.003485	0.01371	0.0431232	0.661179	0.03027	0.464148
262	0.055432	0.22907	0.003032	0.01253	0.0475913	1.184138	0.0341	0.848553
263	0.047646	0.19125	0.003602	0.01446	0.0407092	0.495318	0.02875	0.349843
264	0.05368	0.21623	0.002856	0.0115	0.0466352	0.450192	0.03313	0.319861
265	0.049145	0.18994	0.004148	0.01603	0.0518958	0.565557	0.03716	0.404939

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

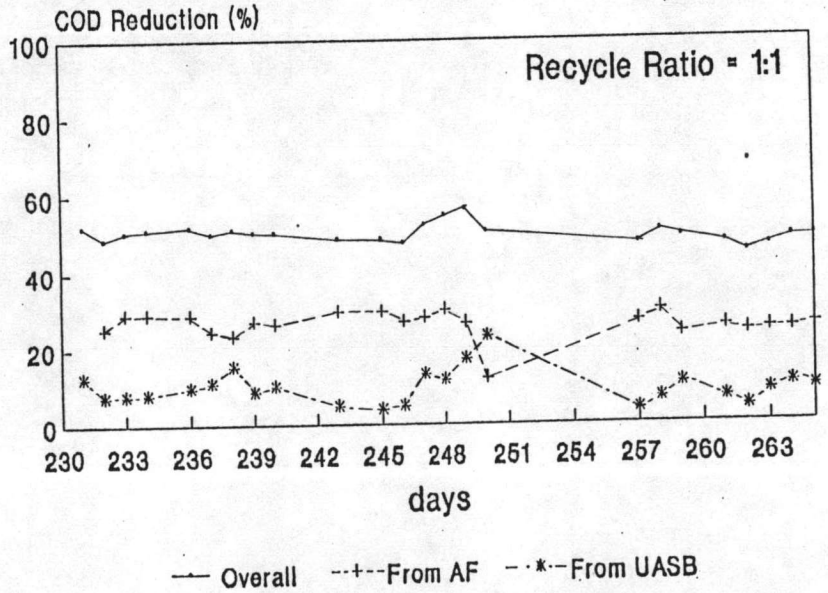
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าดรรชนีต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 8.20 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



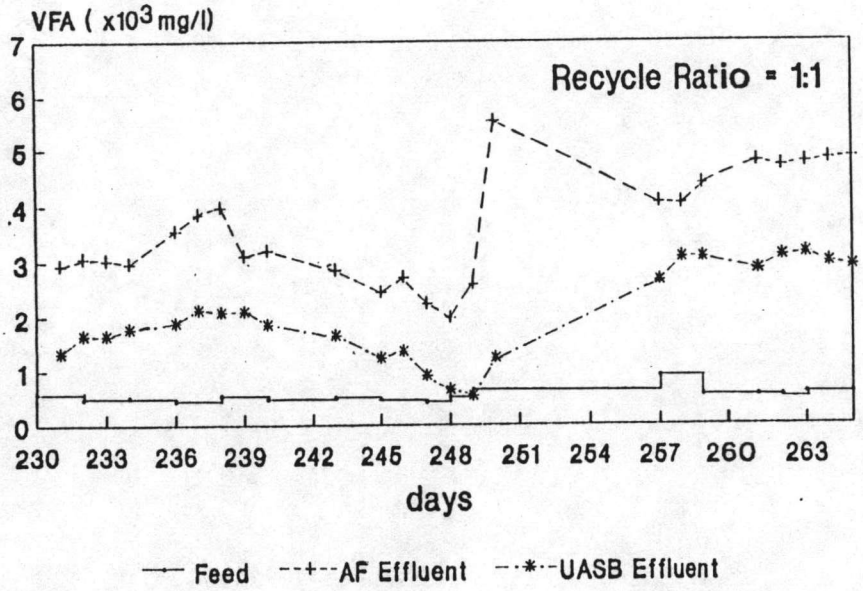
รูปที่ ค.64 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 230 และ 262 หลังจากเริ่มทดลอง



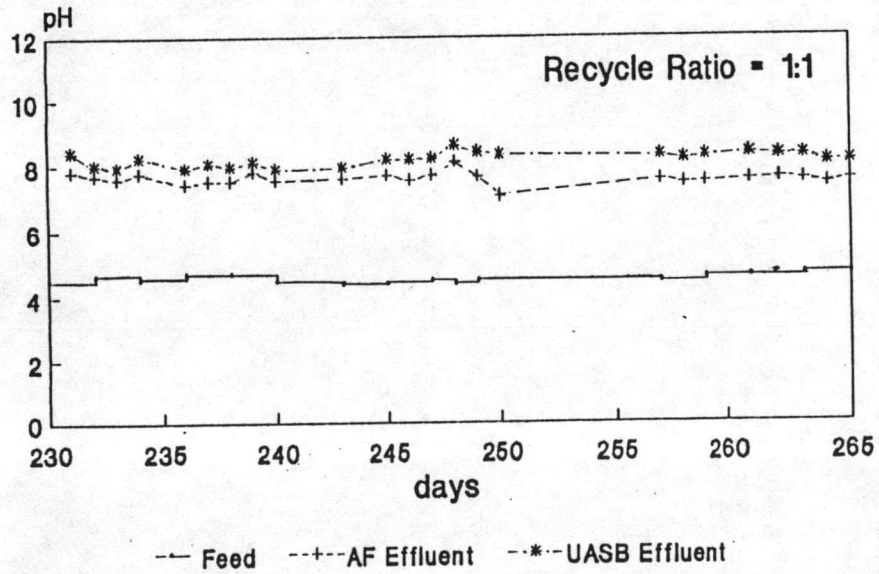
รูปที่ ค.65 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



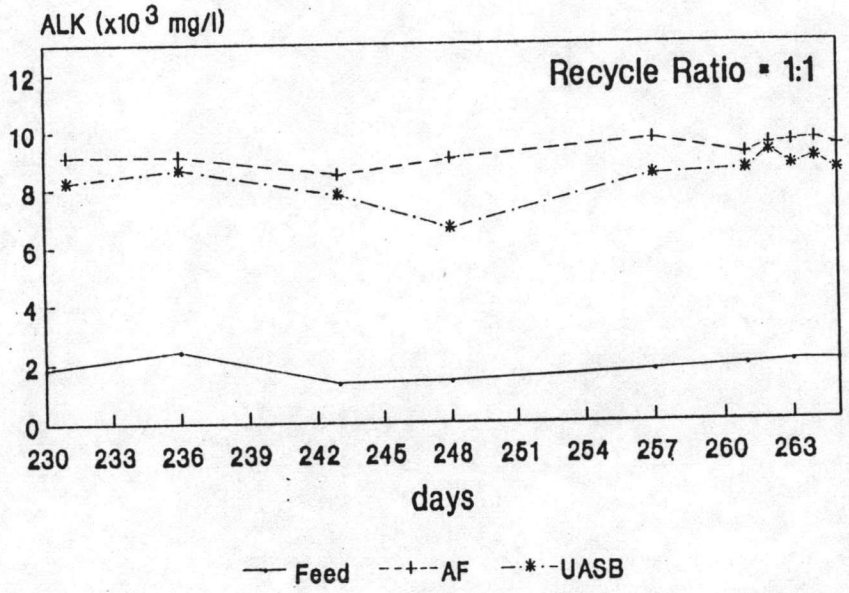
รูปที่ ค.66 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



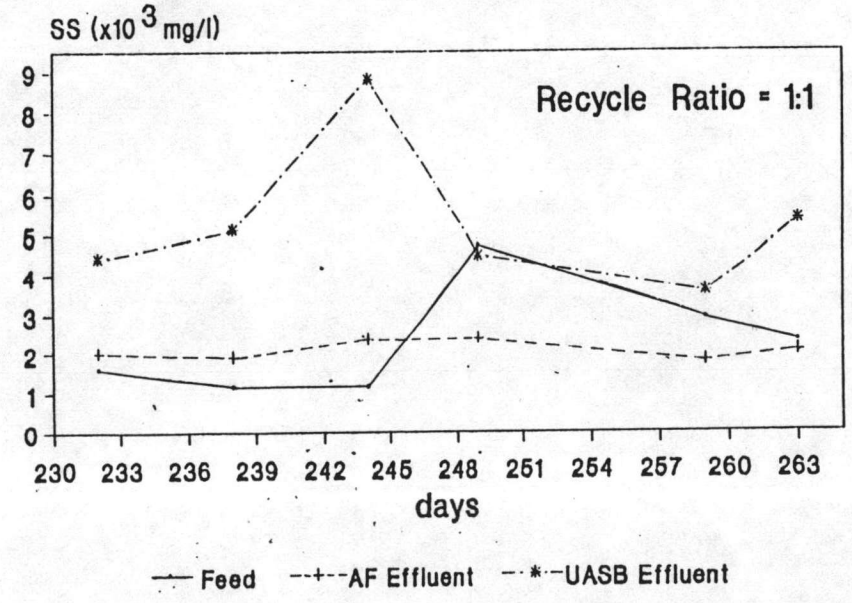
รูปที่ ค.67 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



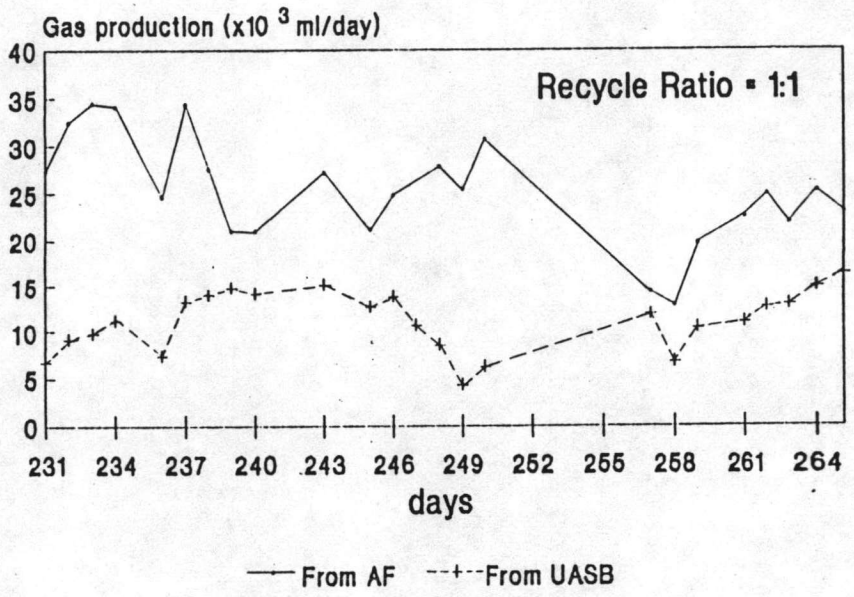
รูปที่ ค.68 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



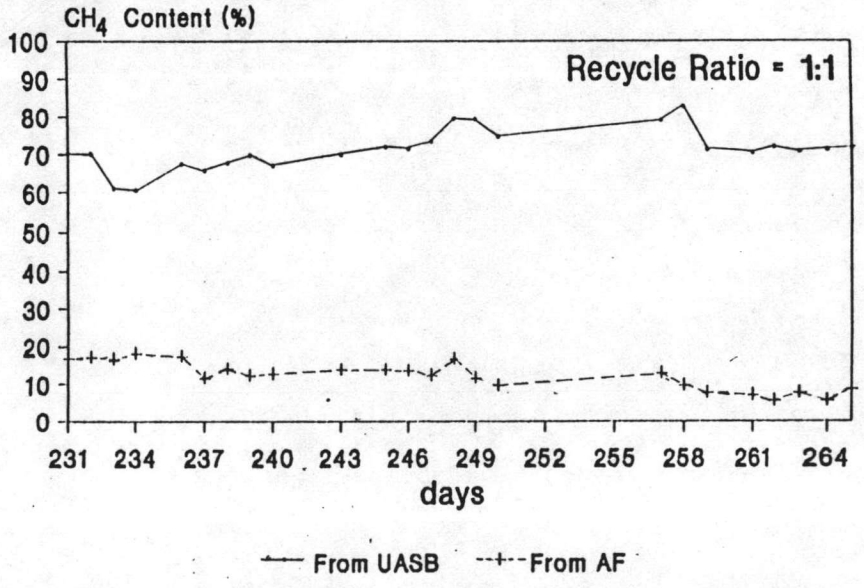
รูปที่ ค.69 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.70 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

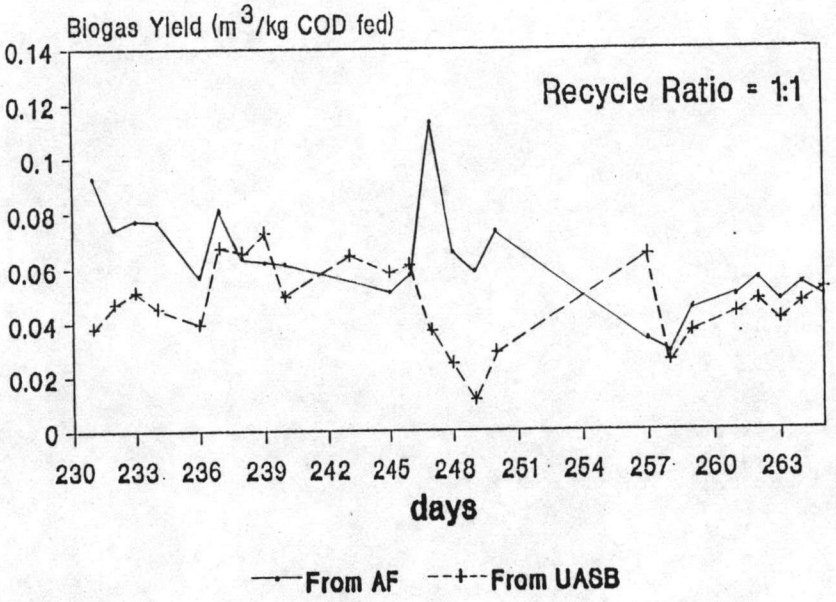


รูปที่ ค.71 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

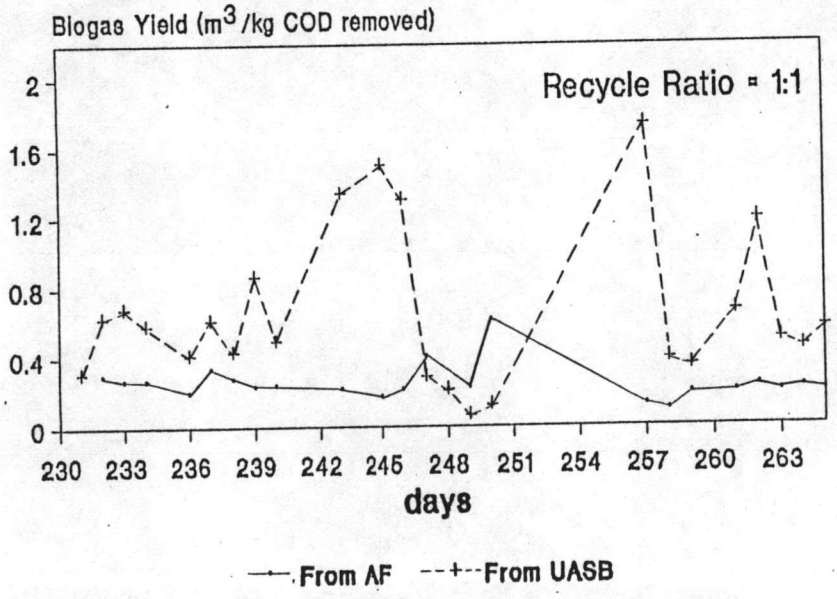


รูปที่ ค.72 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

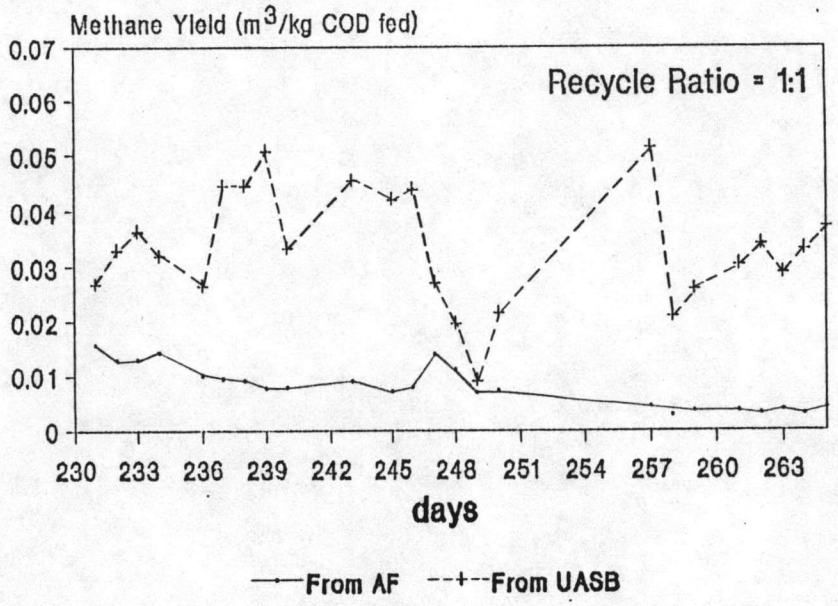


รูปที่ ค.73 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

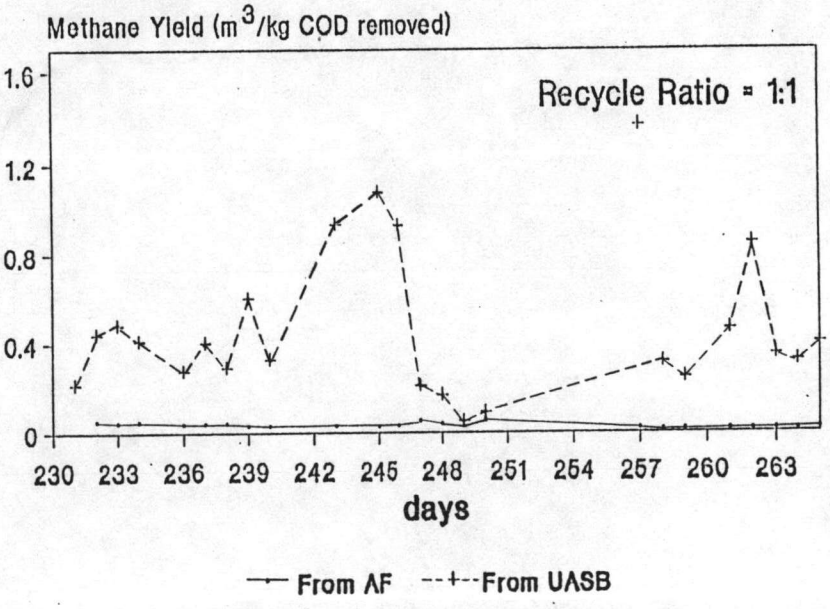
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.74 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.8 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.02 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3. day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF (hrs)	UASB (days)		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
265	11.49	10.08	14.20	3.47	9.20	56,035						441		
267	11.79	11.50	13.84	3.04	10.35	61,433	35,214	33,841	-	3.90	39.61	529	4,410	3,204
269	11.61	10.12	14.06	3.46	9.14	55,146	36,638	32,941	23.09	10.09	46.38	588	4,674	2,793
270	11.61	11.12	14.06	3.15	9.14	55,146	35,704	30,414	18.93	14.82	44.85	588	5,262	2,852
271	11.94	11.67	13.67	3.00	8.37	49,072	34,382	32,398	19.63	5.77	41.25	588	5,351	2,852
272	12.23	11.70	13.34	2.99	10.38	59,403	33,720	32,067	17.22	4.90	34.65	832	4,810	3,021
275	12.06	10.77	13.53	3.25	12.31	71,435	32,983	31,023	27.88	5.94	47.78	709	4,655	2,867
276	11.88	12.23	13.74	2.86	10.00	58,915	32,459	30,164	36.64	7.07	57.77	647	4,378	2,590
278	11.93	13.42	13.68	2.61	10.09	59,208	30,768	29,148	30.92	5.27	50.53	678	4,255	2,744
279	11.93	13.42	13.68	2.61	10.09	59,208	32,787	29,508	25.78	10.00	50.16	678	4,655	2,651
280	12.15	10.50	13.43	3.33	10.63	61,232	33,035	30,768	25.53	6.86	48.03	678	4,563	2,621
282	12.14	12.28	13.45	2.85	10.88	62,750	33,413	31,485	27.36	5.77	48.58	740	4,995	3,083
283	12.14	12.28	13.45	2.85	10.19	58,765	34,422	30,916	26.94	10.19	50.73	740	4,748	3,206
285	11.86	10.55	13.76	3.32	9.69	57,228	33,734	31,485	24.77	6.67	46.42	709	4,501	2,836
286	11.86	10.55	13.76	3.32	9.69	57,228	33,147	30,597	25.27	7.69	46.53	709	4,532	3,176
287	11.80	10.63	13.83	3.29	8.95	53,077	33,017	31,747	24.81	3.85	44.53	586	4,501	2,929
290	12.05	12.47	13.55	2.81	10.32	60,000	30,346	28,814	28.45	5.05	45.71	555	3,946	2,744
291	12.05	12.47	13.55	2.81	10.32	60,000	32,568	30,038	26.66	7.77	49.94	555	4,255	2,836
292	11.86	15.49	13.76	2.26	10.67	62,995	34,332	30,238	23.74	11.92	49.60	617	4,748	2,867
293	11.86	15.49	13.76	2.26	10.67	62,995	33,751	29,376	27.60	12.96	53.37	617	4,193	2,867
294	12.18	10.95	13.40	3.20	10.28	59,108	33,488	31,628	27.49	5.55	49.79	678	4,440	2,713
296	12.33	9.87	13.23	3.55	10.03	56,950	33,359	30,579	26.47	8.33	48.27	617	4,748	2,929
297	12.33	9.87	13.23	3.55	10.03	56,950	33,846	30,154	22.66	10.91	47.05	617	4,594	2,621
298	12.05	10.60	13.54	3.30	10.01	58,173	34,462	31,385	20.87	8.93	44.89	678	4,347	2,343
299	12.05	10.60	13.54	3.30	10.01	58,173	32,137	29,744	28.23	7.45	48.87	678	3,980	2,518
300	12.05	10.60	13.54	3.30	10.01	58,173	31,529	29,491	28.28	6.46	49.30	678	3,420	2,394

ตาราง ค. 8 (ต่อ)

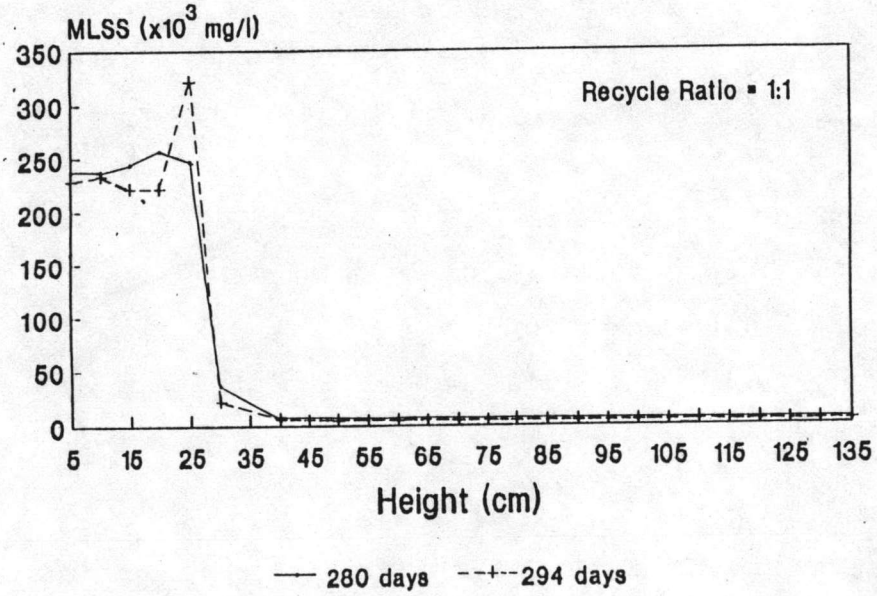
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	AF		UASB	
												CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
265	4.7			1,831						-	-	-	-	-	-
267	4.7	7.2	8.1							28,505	19,800	89.57	10.43	33.42	66.58
269	4.4	7.2	8.1	2,177	8,808	8,709				18,686	16,708	85.99	14.01	34.05	65.95
270	4.4	7	8							27,647	22,589	85.93	14.07	32.92	67.08
271	4.4	7.3	8				910	1,980	5,400	20,783	23,513	88.01	11.99	34.20	65.80
272	4.8	7.4	8							18,400	23,801	88.92	11.08	34.93	65.07
275	4.7	7.6	8	2,128	9,303	8,758				26,981	23,357	87.27	12.73	35.33	64.67
276	4.7	7.5	8							27,169	19,956	86.73	13.27	32.36	67.64
278	4.8	7.4	8				4,020	4,770	3,820	27,125	18,328	85.12	14.88	32.51	67.49
279	4.8	7.4	7.9							33,463	17,207	88.59	11.41	32.20	67.80
280	4.8	7.5	8							33,985	21,720	84.03	15.97	27.89	72.11
282	4.9	7.5	8	3,513	9,897	9,848				31,601	20,422	91.72	8.28	27.55	72.45
283	4.8	7.5	8				6,380	3,110	4,460	30,357	20,357	90.67	9.33	32.64	67.36
285	4.8	7.7	8.4							30,374	19,116	89.82	10.18	33.92	66.08
286	4.8	7.5	8.2							29,642	18,495	88.49	11.51	31.21	68.79
287	4.8	7.5	8.2	2,425	10,392	9,749				27,457	19,232	88.49	11.51	34.05	65.95
290	4.7	7.5	8.1							26,853	19,451	87.32	12.68	33.06	66.94
291	4.7	7.4	8.1							32,795	18,355	87.74	12.26	41.03	58.97
292	4.7	7.4	8.2				1,040	3,230	4,030	32,494	20,337	87.27	12.73	32.78	67.22
293	4.7	7.5	8.2							31,012	21,442	89.82	10.18	37.73	62.27
294	4.9	7.4	8.3	3,167	9,897	9,402				29,761	21,403	91.12	8.88	32.81	67.19
296	4.7	7.5	8.2	2,573	10,243	9,798				29,367	21,819	91.77	8.23	35.50	64.50
297	4.7	7.5	8.2	2,573	9,897	9,353				19,935	22,589	90.22	9.78	32.99	67.01
298	4.8	7.5	8.3	2,623	10,144	9,402	4,210	3,000	4,780	26,415	20,772	89.07	10.93	33.49	66.51
299	4.8	7.7	8.2	2,623	9,946	9,204	4,210	2,310	5,730	17,898	18,818	88.64	11.36	34.48	65.52
300	4.8	7.8	8.3	2,623	9,897	8,957	4,210	2,420	4,160	14,988	12,644	92.77	7.23	37.77	62.23

ตาราง ค. 8 (ต่อ)

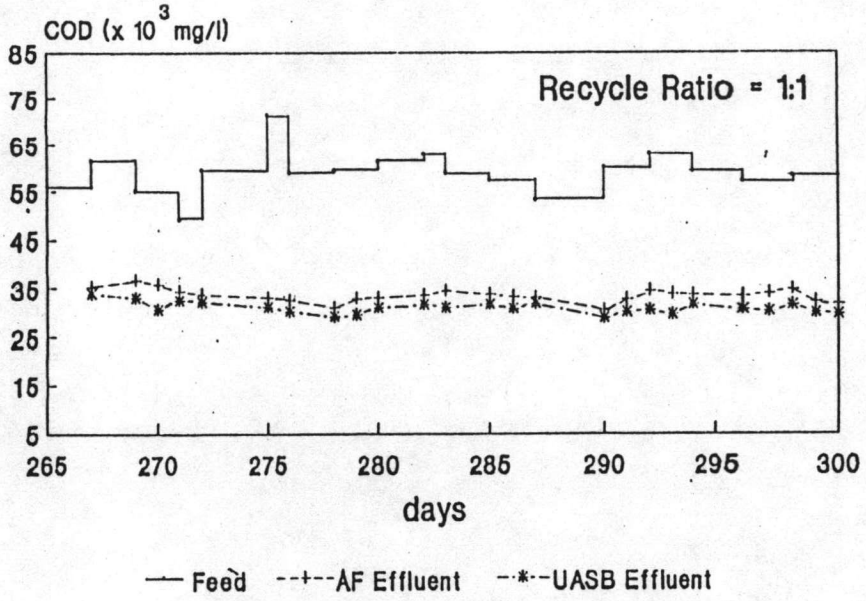
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
265	-	-	-	-	-	-	-	-
267	0.088546	-	0.00924	-	0.048902	1.254205	0.032559	0.83505
269	0.033275	0.14411	0.00466	0.02019	0.045065	0.446602	0.02972	0.294534
270	0.054083	0.28563	0.00761	0.04019	0.056898	0.384025	0.038167	0.257604
271	0.041856	0.21322	0.00502	0.02556	0.058584	1.015232	0.038548	0.668023
272	0.037825	0.21964	0.00419	0.02434	0.060307	1.230224	0.039242	0.800507
275	0.04824	0.17301	0.00614	0.02202	0.065767	1.106725	0.042531	0.715719
276	0.043959	0.11998	0.00583	0.01592	0.050255	0.710771	0.033992	0.480765
278	0.05126	0.16578	0.00763	0.02467	0.044399	0.843259	0.029965	0.569115
279	0.063514	0.24633	0.00725	0.02811	0.039117	0.391133	0.026521	0.265188
280	0.064243	0.25167	0.01026	0.04019	0.062635	0.912723	0.045166	0.658165
282	0.056544	0.20664	0.00468	0.01711	0.049768	0.862497	0.036057	0.624879
283	0.053089	0.19703	0.00495	0.01838	0.048155	0.47279	0.032437	0.318471
285	0.055816	0.22535	0.00568	0.02294	0.053702	0.805506	0.035486	0.532278
286	0.056352	0.22299	0.00649	0.02567	0.052878	0.687346	0.036374	0.472825
287	0.052726	0.2125	0.00607	0.02446	0.054789	1.424394	0.036134	0.939388
290	0.053641	0.18855	0.0068	0.02391	0.05141	1.018325	0.034414	0.681667
291	0.06131	0.22997	0.00752	0.02819	0.045203	0.581885	0.026656	0.343138
292	0.059921	0.25242	0.00763	0.03213	0.038245	0.320721	0.025708	0.215588
293	0.056099	0.20327	0.00571	0.02069	0.041017	0.316428	0.025541	0.19704
294	0.054339	0.19765	0.00483	0.01755	0.058385	1.051183	0.039229	0.70629
296	0.053159	0.20082	0.00437	0.01653	0.066254	0.795024	0.042734	0.512791
297	0.036931	0.16295	0.00361	0.01594	0.067605	0.619763	0.045302	0.415303
298	0.049174	0.2356	0.00537	0.02575	0.056854	0.636753	0.037813	0.423505
299	0.033173	0.1175	0.00377	0.01335	0.055232	0.741739	0.036188	0.485987
300	0.028298	0.10008	0.00205	0.00724	0.037826	0.585195	0.023539	0.364167

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

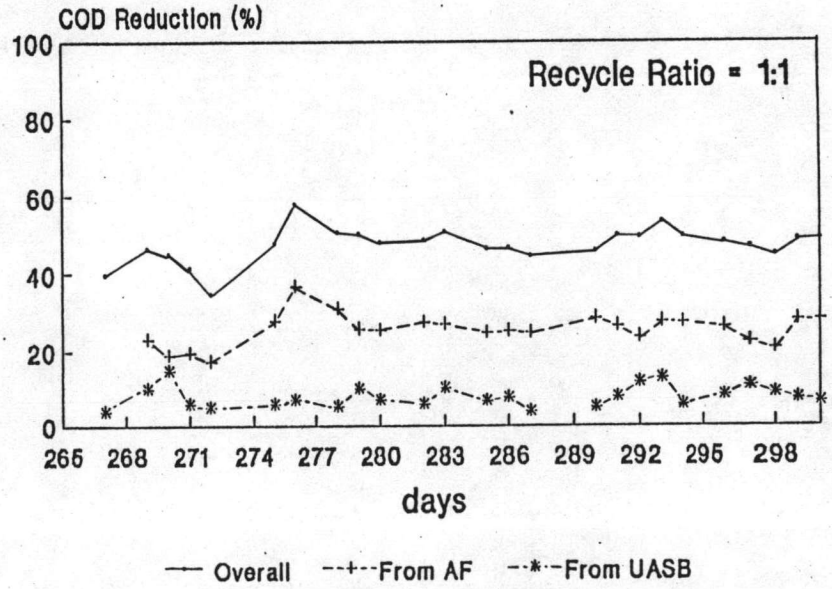
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความชันต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.02 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



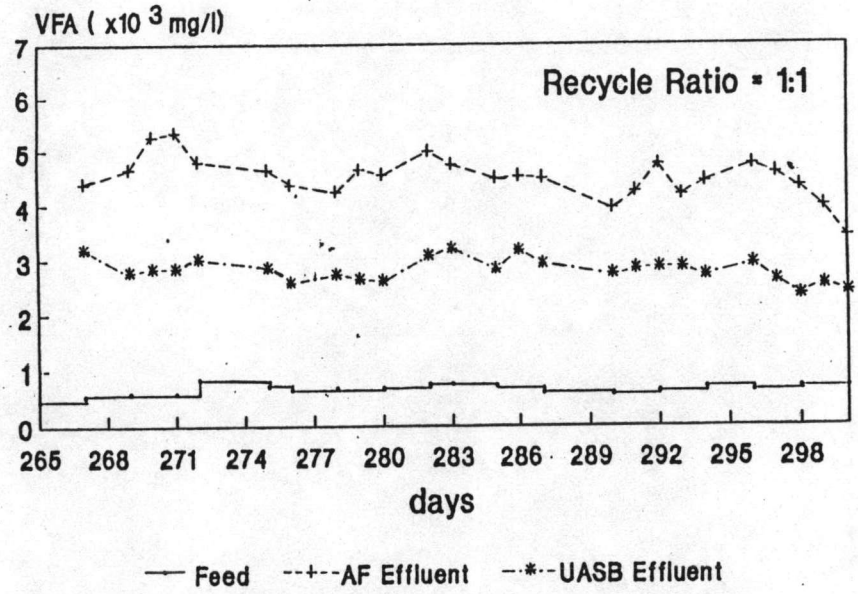
รูปที่ ค.75 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 280 และ 294 หลังจากเริ่มทดลอง



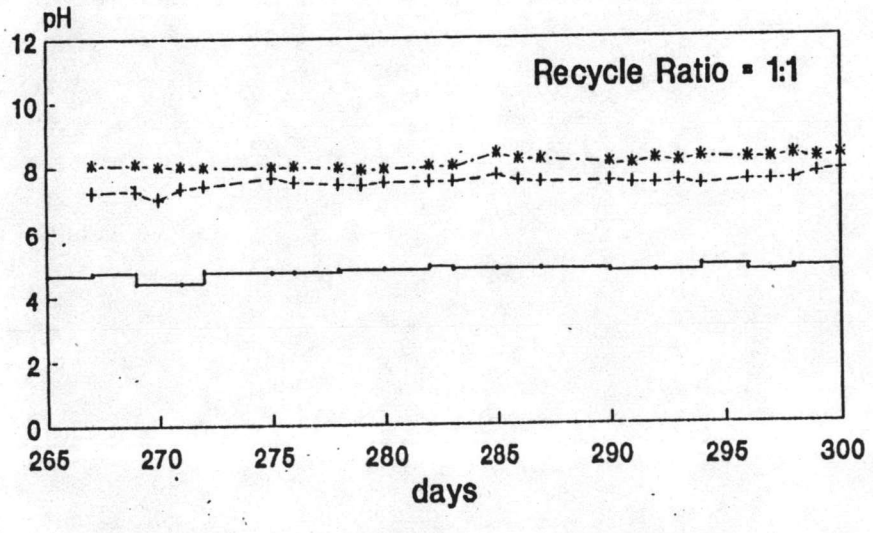
รูปที่ ค.76 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



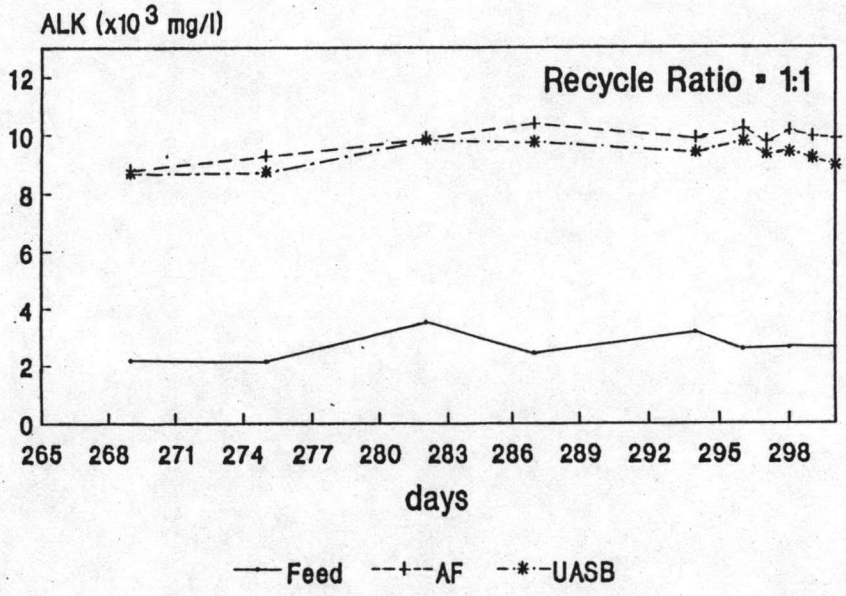
รูปที่ ค.77 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



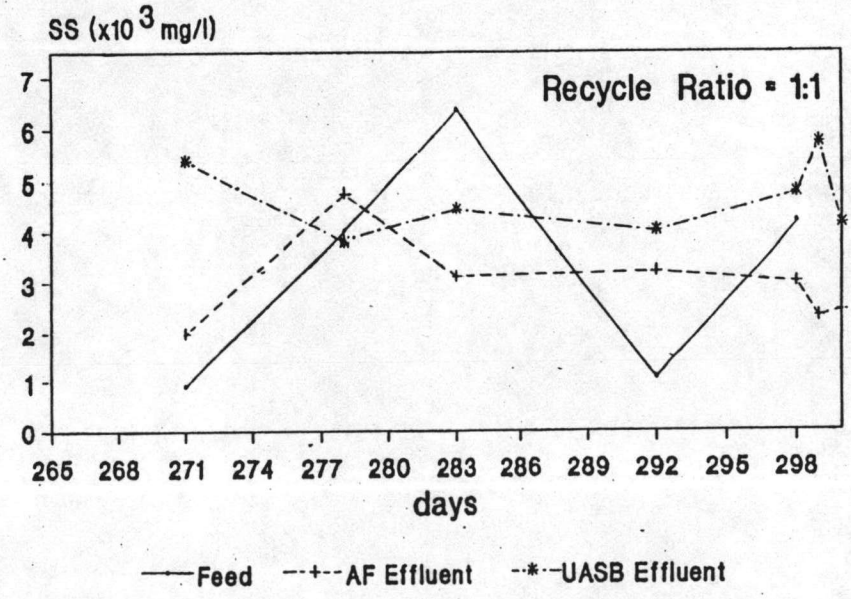
รูปที่ ค.78 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



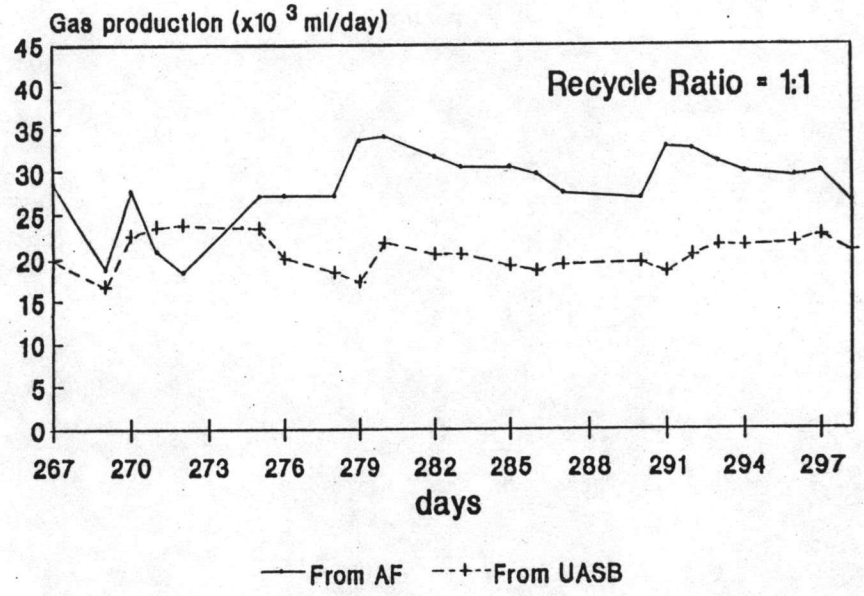
รูปที่ ค.79 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



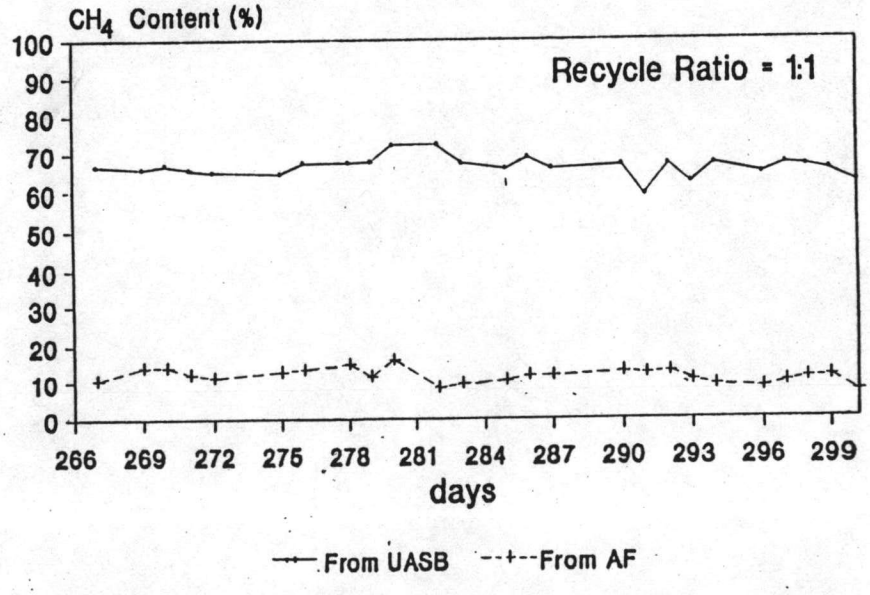
รูปที่ ค.80 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.81 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

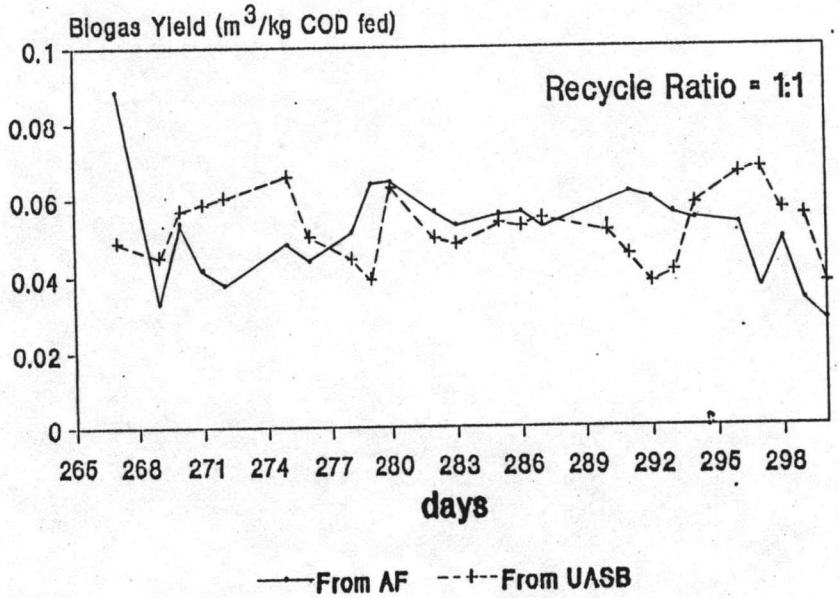


รูปที่ ค.82 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

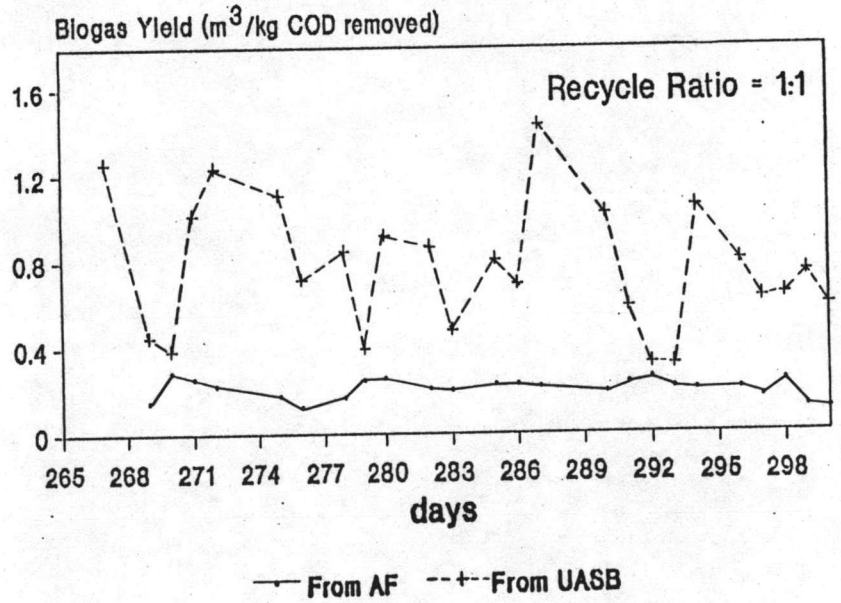


รูปที่ ค.83 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

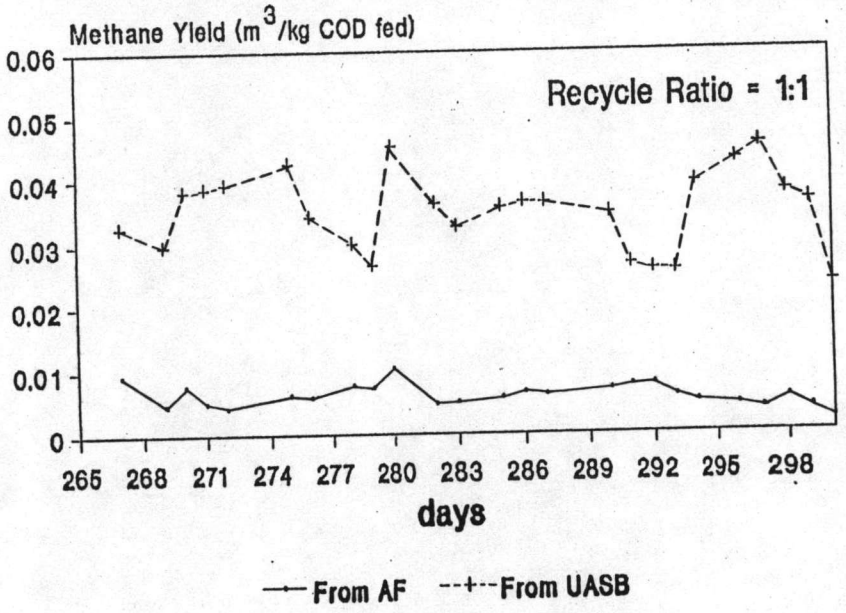


รูปที่ ค.84 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

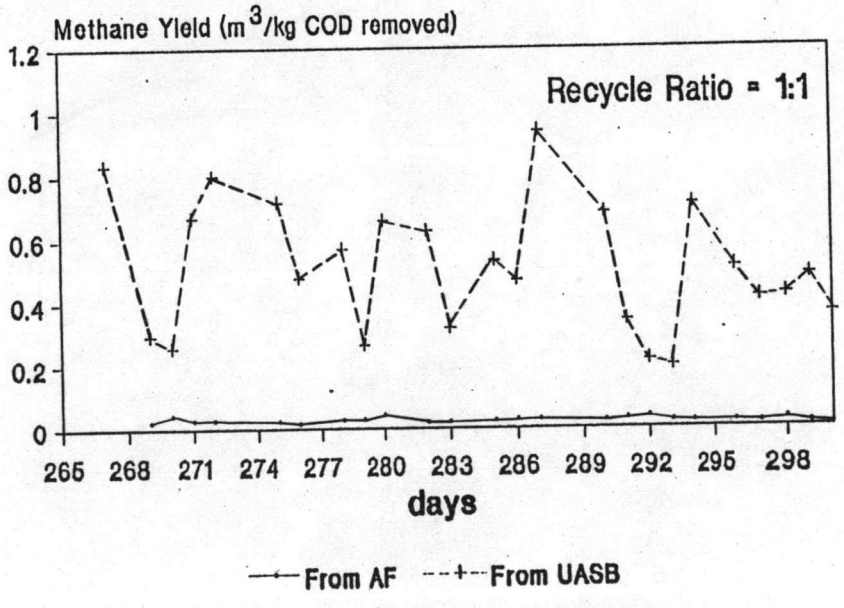
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.85 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.9 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.95 กก.COD/ลบ.ม.-วัน (หลังจากเพิ่มอัตราส่วนการรีไซเคิลเป็น 3:1)

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3 day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF (hrs)	UASB (days)		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
306	36.00	36.69	4.53	0.95	14.99	58,298						653		
308	36.00	36.69	4.53	0.95	14.57	56,678								
310	23.74	23.73	6.88	1.47	9.09	53,641	32,711	31,092	-	4.95	45.14	622	4,975	4,135
311	23.74	23.73	6.88	1.47	9.09	53,641	34,382	33,390	18.85	2.89	37.75	622	4,633	3,824
312	23.93	24.10	6.82	1.45	11.83	69,218	33,059	31,406	24.03	5.00	41.45	746	4,260	3,513
313	23.93	24.10	6.82	1.45	11.83	69,218	34,334	32,001	31.76	6.80	53.77	746	4,073	3,234
314	23.62	24.94	6.91	1.40	10.54	62,502	35,001	32,668	30.84	6.67	52.80	622	4,384	3,482
317	23.84	24.20	6.85	1.45	9.78	57,421	35,449	34,148	25.50	3.67	45.36	622	4,166	3,171
318	23.84	24.20	6.85	1.45	9.78	57,421	35,146	34,141	23.24	2.86	40.54	622	3,980	3,202
319	23.66	24.99	6.90	1.40	10.30	60,953	33,720	32,067	26.34	4.90	44.15	653	4,011	3,171
320	23.66	24.99	6.90	1.40	10.30	60,953	33,771	33,115	27.39	1.94	45.67	653	3,949	3,171
321	23.91	25.78	6.82	1.36	10.63	62,244	35,592	33,959	24.33	4.59	44.29	653	3,855	3,016
324	23.62	25.84	6.91	1.35	10.21	60,518	33,017	31,747	31.36	3.85	49.00	808	3,824	2,767
326	23.49	24.42	6.95	1.43	9.95	59,286	32,568	32,252	29.40	0.97	46.71	653	3,731	3,202
327	23.49	24.42	6.95	1.43	9.95	59,286	35,069	33,785	23.38	3.66	43.01	653	3,949	3,047
328	23.52	25.41	6.94	1.38	10.10	60,105	33,361	29,616	28.31	11.23	50.05	684	3,887	2,923
331	23.62	27.03	6.91	1.30	10.28	60,939	34,074	32,570	24.04	4.41	45.81	684	3,451	2,612
332	23.62	27.03	6.91	1.30	10.28	60,939	36,150	35,146	22.68	2.78	42.33	684	3,607	2,985
333	23.63	19.90	6.91	1.76	10.86	64,360	36,104	34,238	24.85	5.17	43.82	684	3,513	2,689
334	23.63	19.90	6.91	1.76	10.86	64,360	35,107	33,757	28.79	3.85	47.55	684	3,731	2,565
335	23.38	22.29	6.98	1.57	10.75	64,360	36,340	34,027	25.93	6.36	47.13	684	3,372	2,629

ตาราง ค. 9 (ต่อ)

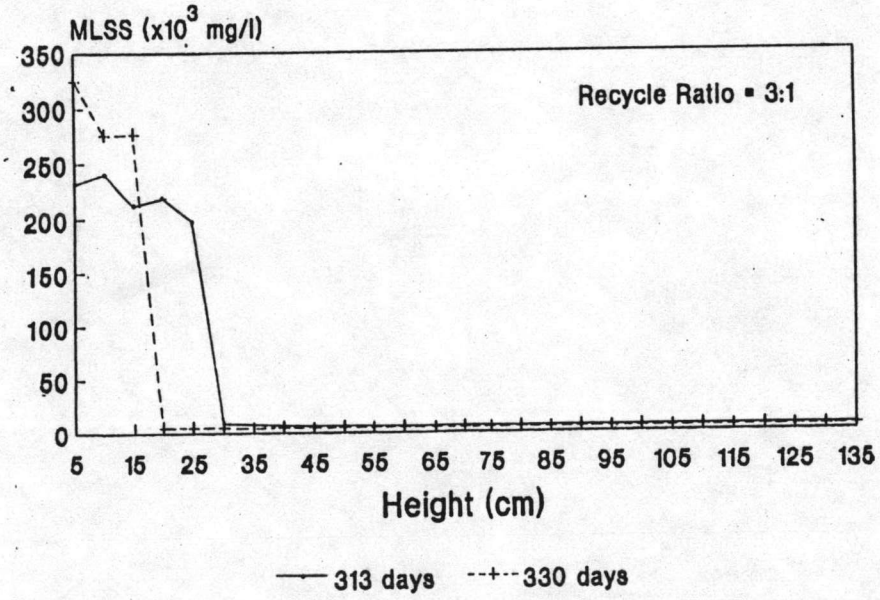
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (ml/day)		องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	AF		UASB	
												CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
306	4.7			2,524						-	-	87.4	12.6	33.77	66.23
308										-	-	-	-	-	-
310	4.6	7.5	8.1	2,078	9,650	9,996				45,793	31,189	84.39	15.61	37.99	62.01
311	4.6	7.4	8.1							28,509	32,869	83.64	16.36	35.18	64.82
312	4.7	7.4	8.1				6,300	6,380	4,560	25,359	32,652	81.81	18.19	37.05	62.95
313	4.7	7.5	8.2							39,660	29,469	83.86	16.14	41.96	58.04
314	4.8	7.5	8.1							37,753	27,313	86.64	13.36	39.29	60.71
317	4.8	7.6	8.2	2,573	10,491	10,293				30,758	28,582	84.80	15.20	34.63	65.37
318	4.8	7.5	8.2							31,365	27,614	83.97	16.03	35.76	64.24
319	4.8	7.6	8.2				4,530	4,240	4,946	24,597	26,491	85.05	14.95	37.86	62.14
320	4.8	7.6	8.2							31,365	26,388	83.85	16.15	41.37	58.63
321	4.8	7.5	8.3							27,839	25,772	84.42	15.58	38.57	61.43
324	4.8	7.5	8.2	2,524	10,293	10,095				29,427	26,970	82.60	17.40	36.61	63.39
326	4.8	7.5	8.2							34,880	28,493	80.28	19.72	36.15	63.85
327	4.8	7.3	8.2							35,301	28,545	81.73	18.27	37.14	62.86
328	4.8	7.5	8.2							32,509	28,753	81.39	18.61	40.69	59.31
331	4.8	7.4	8.3	2,672	10,441	10,243	4,880	11,020	5,330	31,447	26,902	81.02	18.98	36.45	63.55
332	4.8	7.5	8.3	2,672	10,144	10,045		5,270	4,830	36,990	25,759	80.70	19.30	39.84	60.16
333	4.8	7.7	8.2	2,573	10,441	10,144	5,850	5,720	4,970	32,319	25,990	81.39	18.61	39.84	60.16
334	4.8	7.5	8.3	2,573	10,045	9,749		5,610	5,740	39,142	24,072	81.81	18.19	37.57	62.43
335	4.8	7.5	8.2	2,573	10,441	9,699		6,140	4,990	29,918	24,204	82.27	17.73	29.21	70.79

ตาราง ค. 9 (ต่อ)

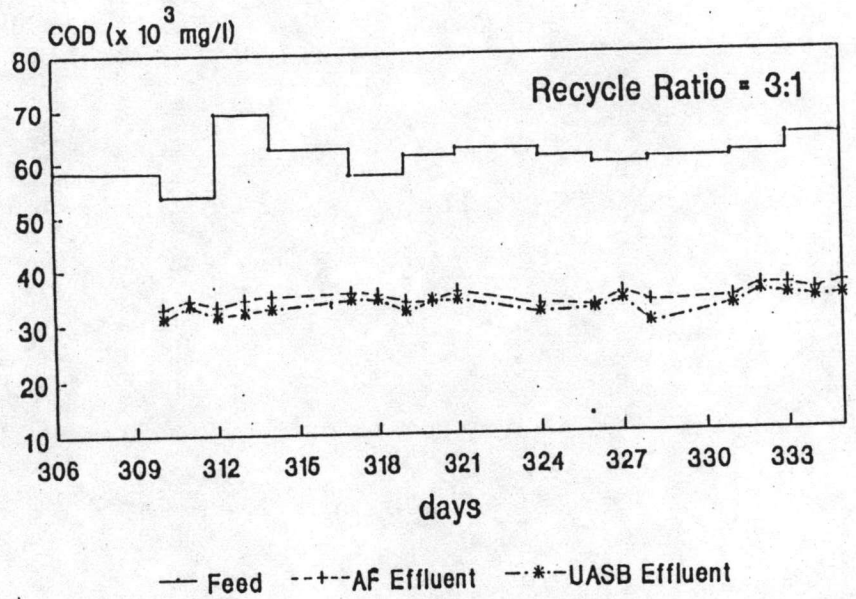
วันที่	ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
306	-	-	-	-	-	-	-	-
308	-	-	-	-	-	-	-	-
310	0.044886	-	0.00701	-	0.040182	0.811852	0.024917	0.50343
311	0.02835	0.15043	0.00464	0.02461	0.040288	1.396359	0.026115	0.30512
312	0.024551	0.10217	0.00447	0.01859	0.040975	0.819477	0.025794	0.515861
313	0.032947	0.10374	0.00532	0.01674	0.035607	0.524023	0.020667	0.304143
314	0.031178	0.10109	0.00417	0.01351	0.031292	0.469463	0.018997	0.285011
317	0.027371	0.10732	0.00416	0.01631	0.033314	0.907715	0.021777	0.593374
318	0.028738	0.12368	0.00461	0.01983	0.032463	1.135266	0.020854	0.729295
319	0.022538	0.08555	0.00337	0.01279	0.03144	0.641356	0.019537	0.398539
320	0.028497	0.10404	0.0046	0.0168	0.031271	1.609816	0.018334	0.943835
321	0.025012	0.10281	0.0039	0.01602	0.028085	0.612135	0.017253	0.376034
324	0.025584	0.08158	0.00445	0.0142	0.031615	0.821921	0.020041	0.521016
326	0.032013	0.10887	0.00631	0.02147	0.035831	3.692841	0.022878	2.357879
327	0.032837	0.14046	0.006	0.02566	0.033336	0.910489	0.020955	0.572333
328	0.029742	0.10505	0.00553	0.01955	0.033914	0.302109	0.020114	0.179181
331	0.029809	0.12397	0.00566	0.02353	0.029213	0.661848	0.018565	0.420604
332	0.033492	0.14766	0.00646	0.0285	0.026366	0.949329	0.015862	0.571116
333	0.028478	0.1146	0.0053	0.02133	0.036168	0.699786	0.021759	0.420991
334	0.033595	0.1167	0.00611	0.02123	0.03445	0.895878	0.021507	0.559297
335	0.025804	0.09953	0.00458	0.01765	0.029875	0.469377	0.021149	0.332272

หมายเหตุ:
Unit 1* = m^3 /kg COD fed
Unit 2* = m^3 /kg COD Removed

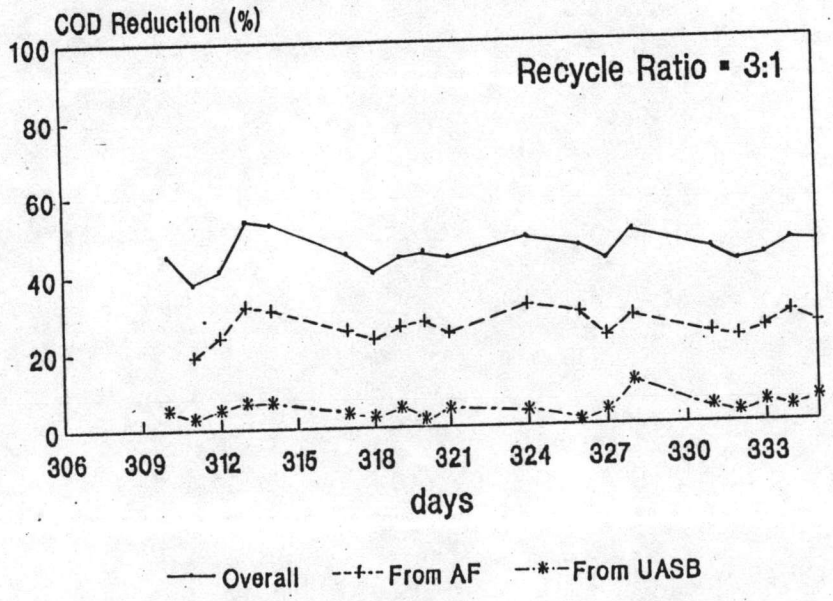
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าดรรชนีต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.95 กก.COD/ลบ.ม.-วัน
(หลังจากเพิ่มอัตราส่วนการรีไซเคิลเป็น 3:1)



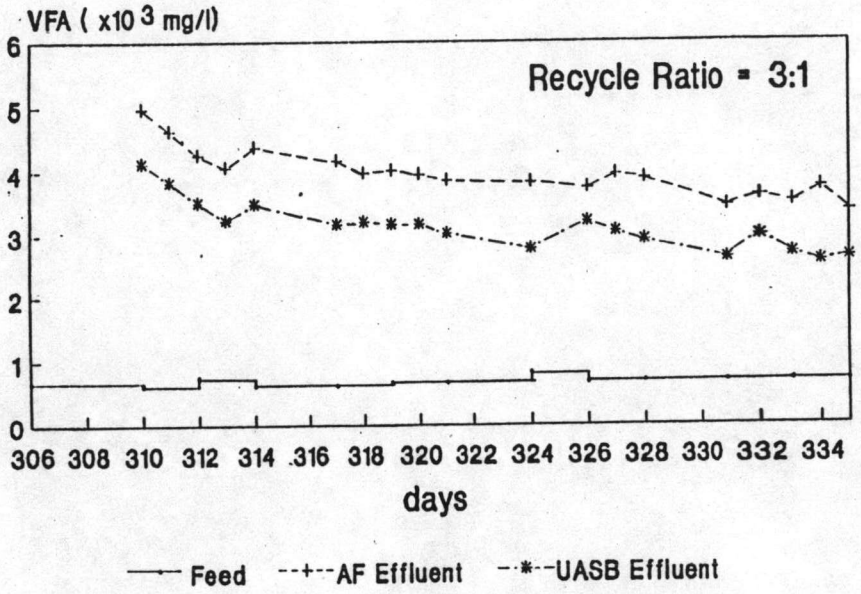
รูปที่ ค.86 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก
ในวันที่ 313 และ 330 หลังจากเริ่มทดลอง



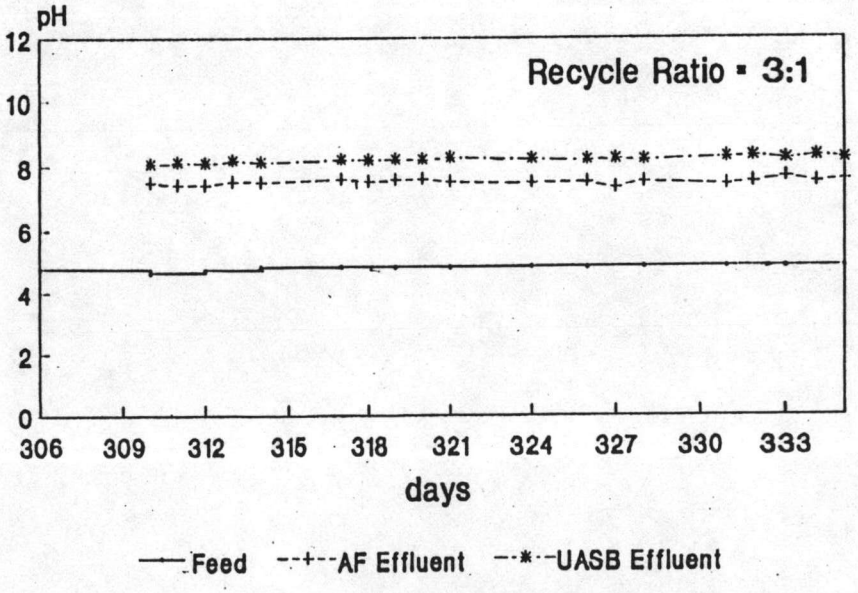
รูปที่ ค.87 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



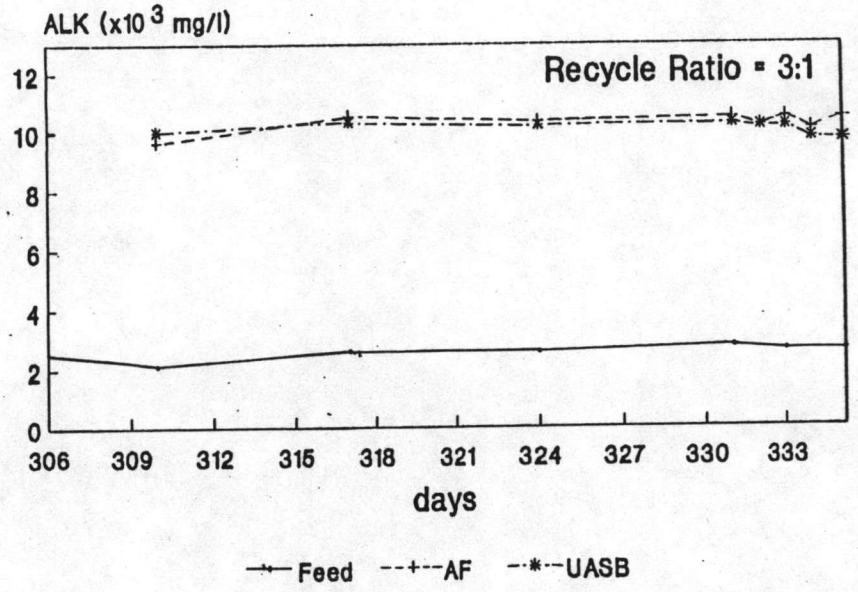
รูปที่ ค.88 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



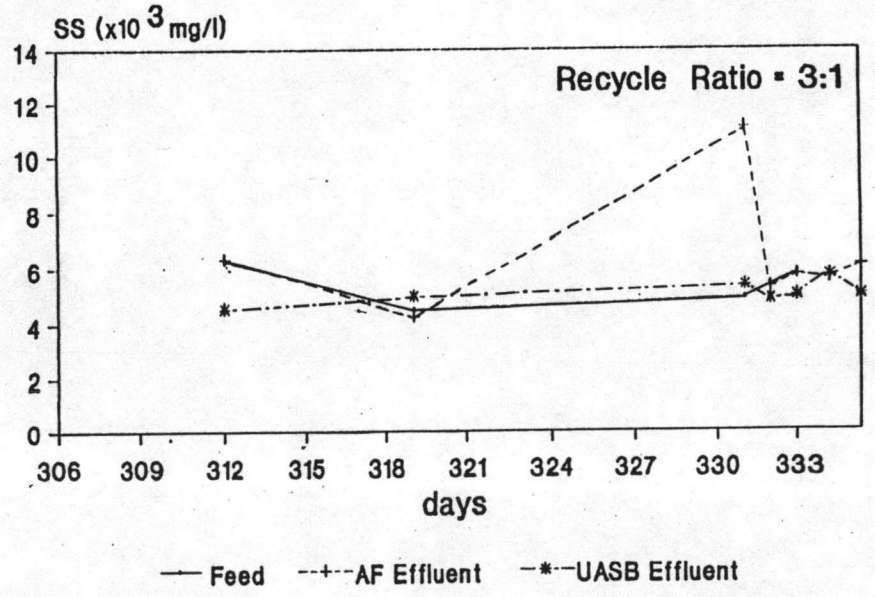
รูปที่ ค.89 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



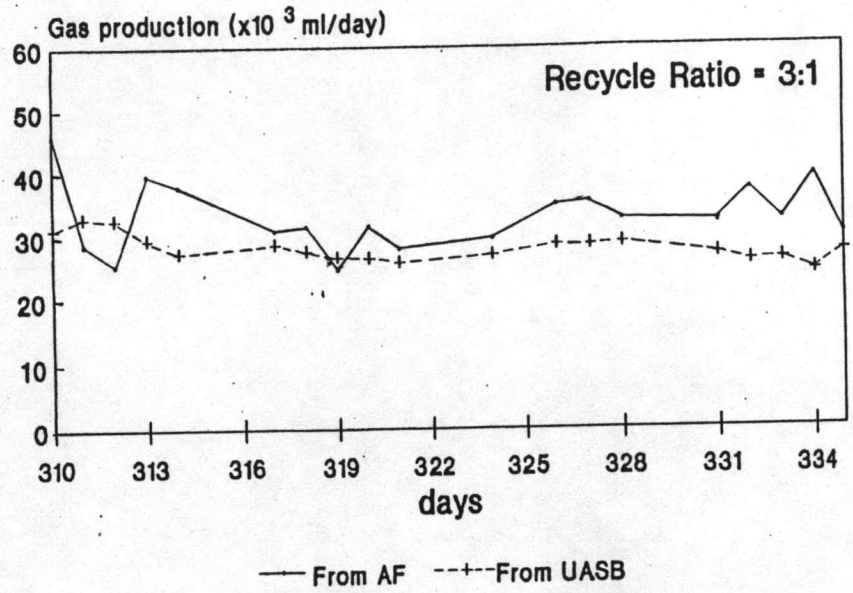
รูปที่ ค.90 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



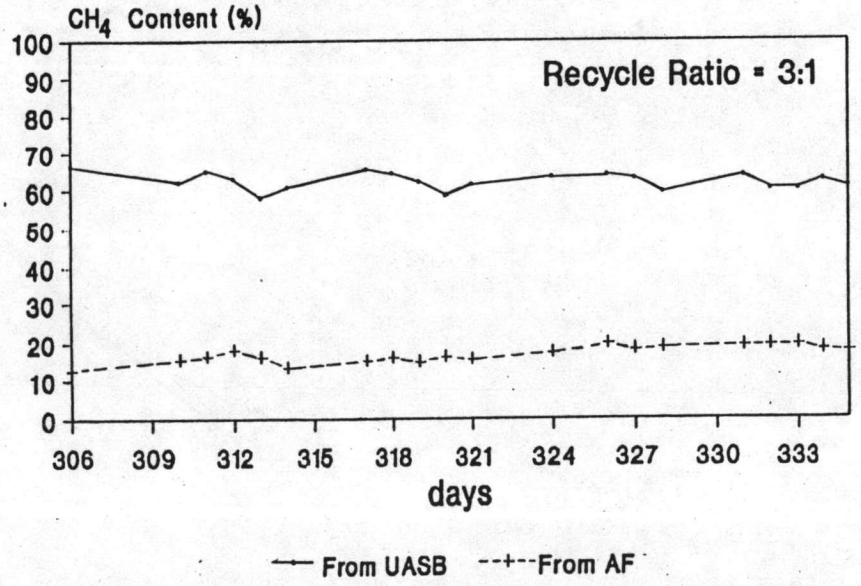
รูปที่ ค.91 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.92 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

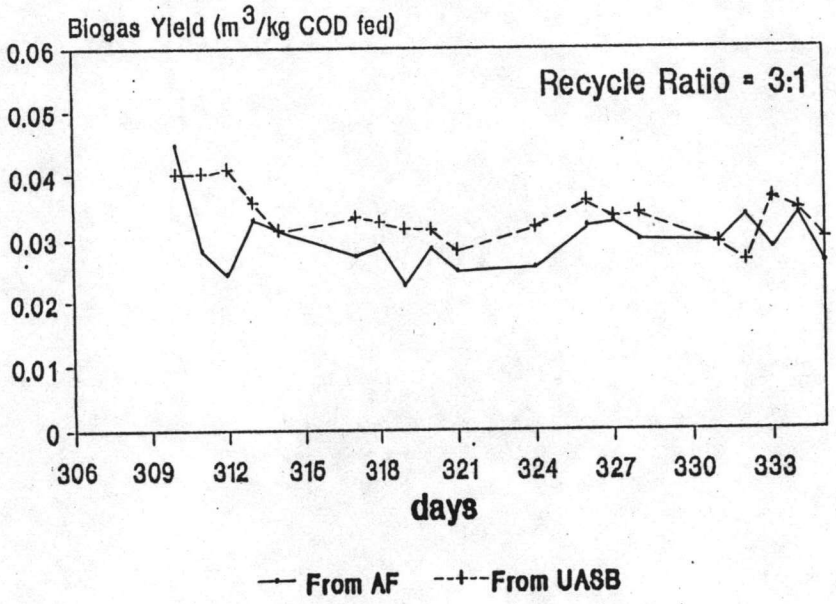


รูปที่ ค.93 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

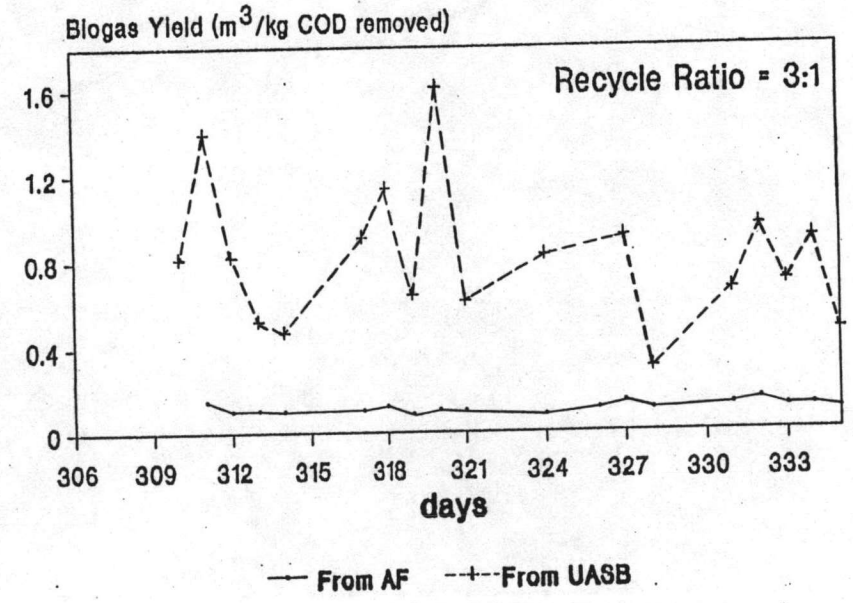


รูปที่ ค.94 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

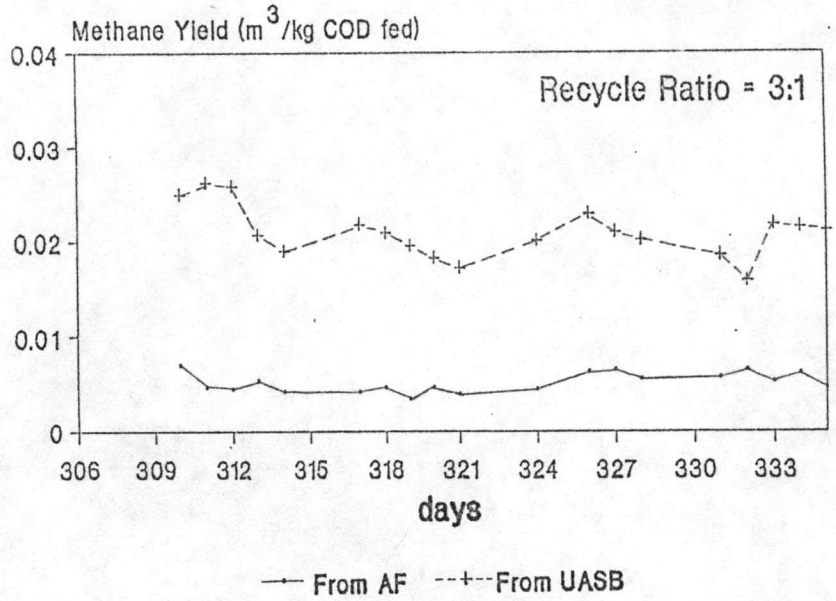


รูปที่ ค.95 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

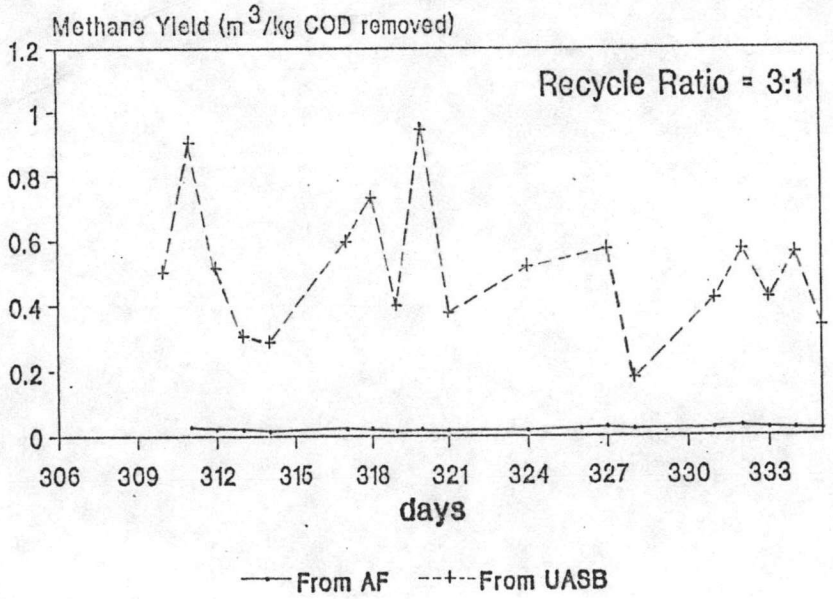
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.96 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ตาราง ค.10 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าความสามารถและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 13.05 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

วันที่	อัตราการไหล (lit/day)		ระยะเวลากักเก็บ		อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kg/m^3 day)	COD (mg/l)			สารอินทรีย์ที่ลดลง (%)			กรดไขมันระเหย (mg/l)		
	AF	UASB	AF (hrs)	UASB (days)		Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	Overall	Feed	AF Effluent	UASB Effluent
338	32.78	35.65	4.98	0.98	15.53	66,326						711		
339	32.78	35.65	4.98	0.98	14.33	61,191	36,150	33,807	-	6.48	49.03	619	4,145	2,908
340	30.32	40.34	5.38	0.87	12.57	58,053	36,484	34,476	10.26	5.50	43.66	650	4,176	3,403
341	30.32	40.34	5.38	0.87	12.57	58,053	35,685	33,610	11.61	5.81	42.10	650	4,392	3,465
342	30.97	25.03	5.27	1.40	13.77	62,242	34,979	34,568	11.94	1.17	40.45	681	4,083	2,908
345	31.10	36.60	5.25	0.96	13.26	59,693	34,694	33,469	16.37	3.53	46.23	619	4,269	3,712
346	31.10	36.60	5.25	0.96	13.26	59,693	35,539	32,656	11.21	8.11	45.29	619	3,619	3,093
347	30.86	30.49	5.29	1.15	14.40	65,306	35,102	33,469	10.94	4.65	43.93	650	3,248	3,093
348	30.86	30.49	5.29	1.15	14.40	65,306	35,774	32,928	13.65	7.96	49.58	650	3,712	3,248
349	31.23	29.48	5.23	1.19	13.43	60,220	35,221	31,982	14.14	9.20	51.03	650	4,207	3,557
352	30.82	27.27	5.30	1.28	13.32	60,518	34,128	33,335	12.59	2.32	44.64	650	3,898	3,619
353	30.82	27.27	5.30	1.28	13.32	60,518	35,742	34,939	10.94	2.25	42.27	650	4,207	3,526
354	30.62	28.21	5.33	1.24	13.50	61,753	36,654	33,865	11.32	7.61	44.04	897	4,021	3,155
355	30.62	28.21	5.33	1.24	13.50	61,753	35,573	33,597	12.89	5.55	45.59	897	4,021	3,341
356	30.74	23.97	5.31	1.46	13.61	62,008	36,220	34,252	10.87	5.43	44.53	650	3,836	3,403
359	30.36	29.22	5.37	1.20	13.67	63,023	35,690	34,277	13.35	3.96	44.72	694	3,694	3,091
360	30.36	29.22	5.37	1.20	13.67	63,023	34,299	32,233	17.28	6.02	48.86	694	3,770	3,377
361	29.87	24.07	5.46	1.45	13.00	60,923	36,686	34,589	8.13	5.72	45.12	905	3,785	3,212
362	29.87	24.07	5.46	1.45	13.00	60,923	35,564	34,727	13.62	2.35	43.00	905	3,649	3,106
363	29.87	24.07	5.46	1.45	13.00	60,923	34,438	31,949	16.57	7.23	47.56	905	3,257	2,880
368	30.83	17.03	5.29	2.06	13.60	61,746	40,963	34,538	-	15.68	43.31	663	4,433	3,679
369	30.83	17.03	5.29	2.06	13.60	61,746	40,452	35,756	2.15	9.14	40.47	663	4,840	4,358
370	30.43	27.03	5.36	1.29	12.03	55,328	38,115	37,295	11.37	2.15	39.60	603	5,368	4,342
373	31.01	27.03	5.26	1.29	13.79	62,248	33,333	33,734	20.26	-	39.03	603	4,795	4,403
375	30.03	16.45	5.43	2.13	14.94	69,623	32,913	29,959	19.45	8.98	51.87	663	4,011	3,016
377	31.06	14.95	5.25	2.34	13.58	61,201	45,226	36,098	-	20.18	48.15	603	5,458	3,649
380	30.27	27.28	5.39	1.28	12.67	58,576	39,120	35,564	7.68	9.09	41.89	573	4,644	3,935
381	30.27	27.28	5.39	1.28	12.67	58,576	40,669	36,896	1.57	9.28	37.01	573	4,554	3,935
382	30.47	27.41	5.36	1.28	13.26	60,923	40,039	37,105	5.38	7.33	36.65	725	4,595	4,015
383	30.47	27.41	5.36	1.28	13.26	60,923	41,546	37,371	3.51	10.05	38.66	725	4,783	4,232
384	30.47	27.41	5.36	1.28	13.60	62,502	38,335	37,085	11.38	3.26	39.13	667	5,189	3,798

ตาราง ค. 10 (ต่อ)

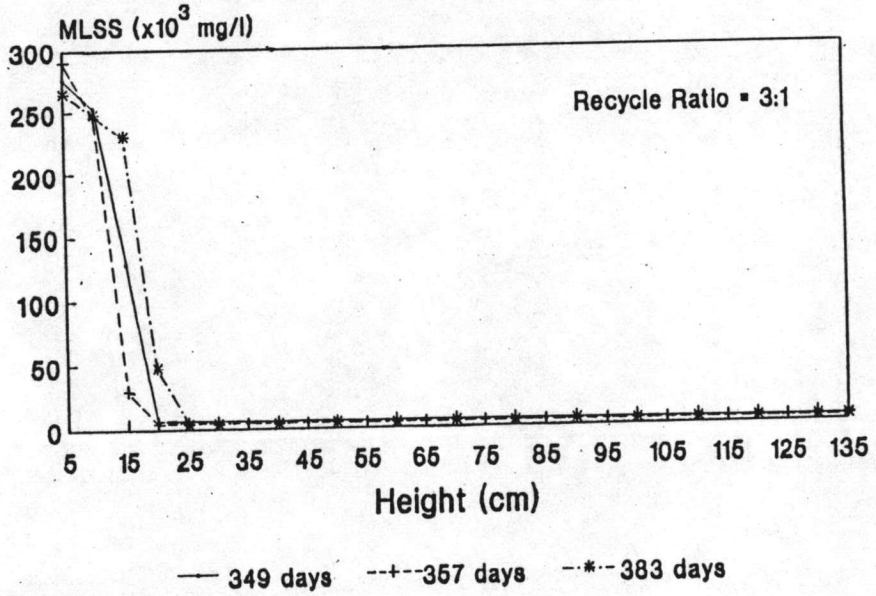
วันที่	pH			สภาพความเป็นด่าง (mg/l)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)			อัตราการผลิตก๊าซ (mg/l)		องค์ประกอบก๊าซชีวภาพที่ได้ (%)			
												AF		UASB	
	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	Feed	AF Effluent	UASB Effluent	AF	UASB	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
338	4.8									-	-	88.43	11.57	29.67	70.33
339	4.9	7.7	8.2	2,920	10,936	10,738				56,922	26,297	84.78	15.22	30.50	69.50
340	4.6	7.4	8.2				4,080	11,200	5,710	55,009	29,366	84.00	16.00	30.52	69.48
341	4.6	7.4	8.2							49,670	30,804	83.93	16.07	31.64	68.36
342	4.8	7.5	8.4							42,329	31,720	83.64	16.36	31.39	68.61
345	4.6	7.5	8.2	2,425	10,392	10,045				54,207	32,518	73.93	26.07	30.09	69.91
346	4.6	7.2	8.1							53,388	32,652	85.41	14.59	31.10	68.90
347	4.7	7.8	8.1				6,650	5,070	5,130	19,325	27,723	-	-	29.67	70.33
348	4.7	7.7	8.1							43,564	25,670	85.20	14.80	34.76	65.24
349	4.6	7.4	8.1							53,006	28,344	83.57	16.43	31.66	68.34
352	4.7	7.6	8.1	2,276	10,293	9,749				47,676	26,696	66.52	33.48	30.05	69.95
353	4.7	7.5	8							50,432	25,862	84.71	15.29	33.06	66.94
354	4.6	7.5	8.1	2,177	10,441	9,996				31,175	26,491	85.68	14.32	30.94	69.06
355	4.6	7.6	8							49,670	24,540	86.44	13.56	31.79	68.21
356	4.8	7.5	7.9	2,375	10,144	10,144	6,030	6,770	4,930	45,666	23,821	85.74	14.26	33.07	66.93
359	4.8	7.6	8.1	2,581	10,218	9,842	4,160	8,640	4,920	45,729	19,577	85.39	14.61	29.97	70.03
360	4.8	7.4	8.1	2,581	10,433	9,788		13,240	4,320	51,386	19,201	84.55	15.45	32.26	67.74
361	4.6	7.6	8.2	2,151	10,057	9,896	5,380	6,260	3,960	49,956	19,817	85.20	14.80	32.50	67.50
362	4.6	7.6	8.2	2,151	9,788	9,519		7,060	4,600	50,704	18,996	85.03	14.97	32.93	67.07
363	4.6	7.7	8.2	2,151	10,164	9,680		7,990	4,480	42,615	18,725	85.56	14.44	33.34	66.66
368	4.6	6.7	8	2,474	7,583	8,766				39,308	18,297	82.46	17.54	41.37	58.63
369	4.6	6.9	7.8	2,474	7,959	8,659		5,490	4,540	42,859	30,804	89.51	10.49	47.05	52.95
370	4.6	6.9	8	1,560	8,497	8,605				28,862	28,129	-	-	35.80	64.20
373	4.9	7.4	7.9	1,936	9,412	9,519				29,976	23,198	-	-	34.27	65.73
375	4.7	7.4	8	2,044	9,304	8,443	7,020	4,610	3,060	13,410	16,251	88.73	11.27	38.09	61.91
377	4.7	6.5	7.9	1,829	7,959	8,972				45,413	24,107	75.45	24.55	36.61	63.39
380	4.7	6.9	7.9	1,667	7,691	8,659	6,340	3,270	3,700	-	25,695	88.27	11.73	34.89	65.11
381	4.7	6.9	7.9	4,667	7,852	8,443		3,810	3,780	42,329	30,185	89.48	10.52	35.61	64.39
382	4.6	6.9	7.6	1,560	7,637	8,443	4,270	3,050	3,850	-	-	91.56	8.44	41.07	58.93
383	4.6	6.7	7.7	1,560	7,422	8,013		6,610	3,690	43,670	32,549	88.59	11.41	37.46	62.54
384	4.5	6.9	7.7	1,237	7,583	8,336				42,615	31,214	88.17	11.83	37.83	62.17

ตาราง ค. 10 (ต่อ)

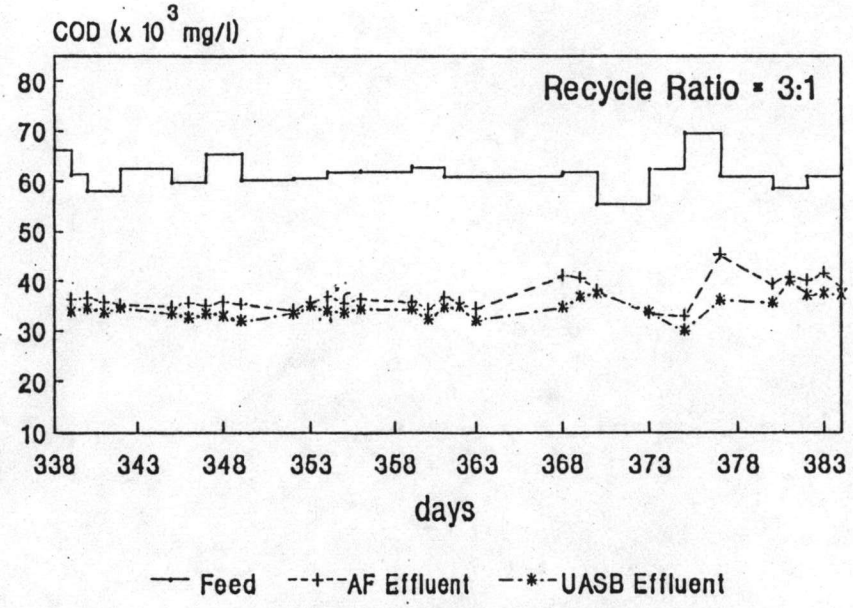
วันที่	ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซจากถังหมัก AF				ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซจากถังหมัก UASB			
	Biogas Yield		Methane Yield		Biogas Yield		Methane Yield	
	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*	Unit 1*	Unit 2*
338	-	-	-	-	-	-	-	-
339	-	-	-	-	0.02041	0.31486	0.01418	0.218826
340	0.041283	0.40256	0.00661	0.06441	0.01995	0.36253	0.01386	0.251884
341	0.040585	0.3497	0.00652	0.0562	0.0214	0.368	0.01463	0.251565
342	0.035152	0.29446	0.00575	0.04817	0.03622	3.08295	0.02485	2.115211
345	0.042187	0.25767	0.011	0.06717	0.02561	0.72538	0.01791	0.507112
346	0.042884	0.38262	0.00626	0.05582	0.02511	0.30949	0.0173	0.213236
347	0.015763	0.14404	-	-	0.0259	0.55671	0.01821	0.391536
348	0.034152	0.25023	0.00505	0.03703	0.02353	0.29578	0.01535	0.192967
349	0.041869	0.29605	0.00688	0.04864	0.0273	0.29681	0.01865	0.202841
352	0.039107	0.31073	0.01309	0.10403	0.02868	1.23431	0.02006	0.863403
353	0.040779	0.37288	0.00624	0.05701	0.02653	1.18086	0.01776	0.790469
354	0.024474	0.21617	0.0035	0.03095	0.02562	0.33665	0.01769	0.23249
355	0.039728	0.3082	0.00539	0.04179	0.02445	0.44016	0.01668	0.300236
356	0.036706	0.33777	0.00523	0.04817	0.02743	0.50491	0.01836	0.337937
359	0.036116	0.27044	0.00528	0.03951	0.01877	0.47409	0.01314	0.332007
360	0.040815	0.23621	0.00631	0.03649	0.01916	0.31802	0.01298	0.215426
361	0.041203	0.50709	0.0061	0.07505	0.02244	0.39264	0.01515	0.265035
362	0.041232	0.30269	0.00617	0.04531	0.02219	0.94297	0.01488	0.632448
363	0.034568	0.20866	0.00499	0.03013	0.02259	0.31258	0.01506	0.208364
368	0.03358	-	0.00589	-	0.02623	0.16722	0.01538	0.098041
369	0.033631	1.56567	0.00353	0.16424	0.04471	0.48939	0.02368	0.259134
370	0.021772	0.19152	-	-	0.02731	1.26921	0.01753	0.814832
373	0.023556	0.11631	-	-	0.02575	-	0.01693	-
375	0.010583	0.0544	0.00119	0.00613	0.03002	0.33453	0.01859	0.207108
377	0.037919	-	0.00931	-	0.03566	0.1767	0.02261	0.112009
380	-	-	-	-	0.02408	0.26487	0.01568	0.172456
381	0.033845	2.15759	0.00356	0.22702	0.02721	0.29326	0.01752	0.188828
382	-	-	-	-	-	-	-	-
383	0.037859	1.0771	0.00432	0.1229	0.02859	0.28446	0.01788	0.177901
384	0.032332	0.28405	0.00382	0.0336	0.02971	0.91112	0.01847	0.566445

หมายเหตุ :
Unit 1* = m^3/kg COD fed
Unit 2* = m^3/kg COD Removed

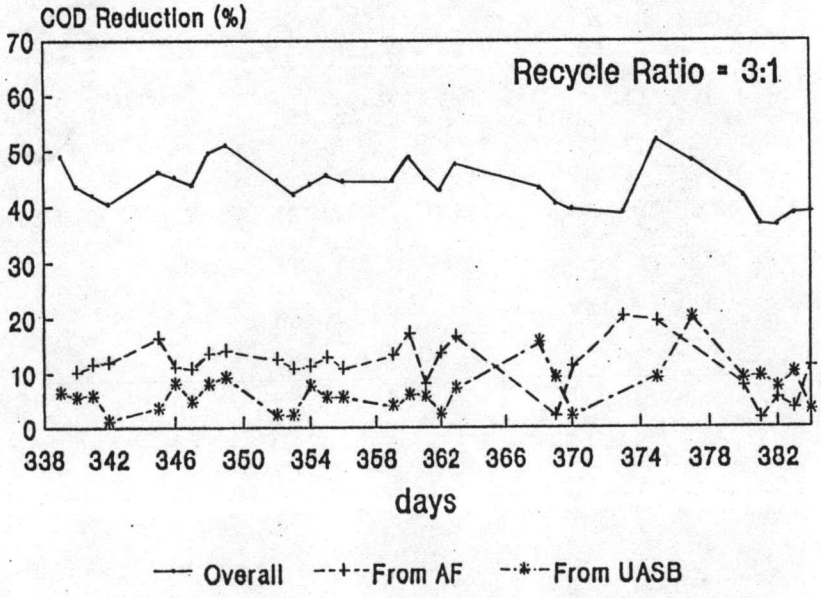
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความชันต่าง ๆ ของระบบ
ตลอดช่วงการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 13.05 กก.COD/ลบ.ม.-วัน



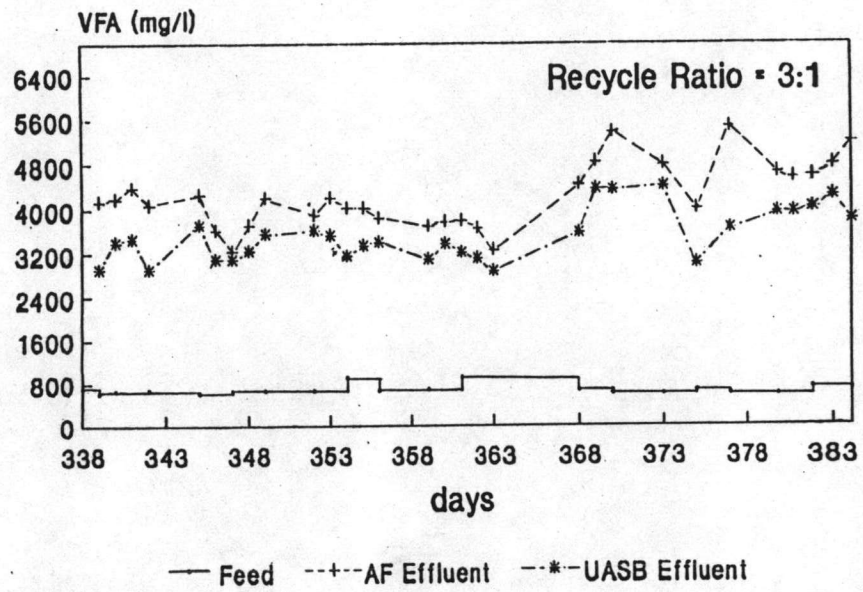
รูปที่ ค.97 ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทนแบบ UASB ที่ความสูงต่าง ๆ ของถังหมัก ในวันที่ 349, 357 และ 383 หลังจากเริ่มทดลอง



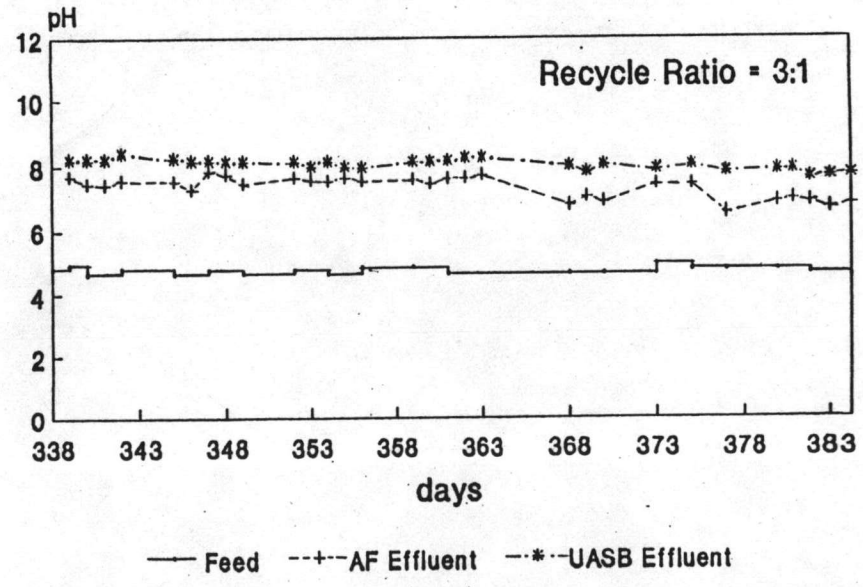
รูปที่ ค.98 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



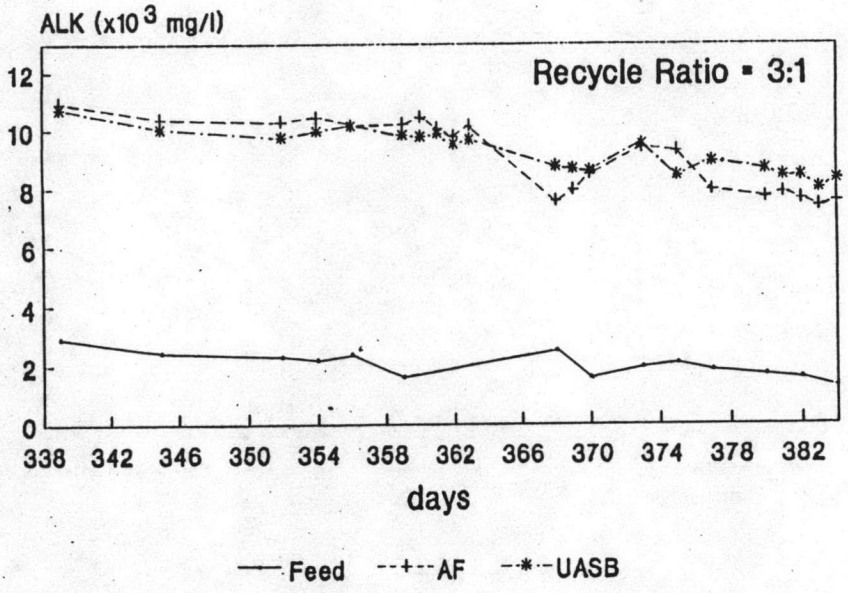
รูปที่ ค.99 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัด COD



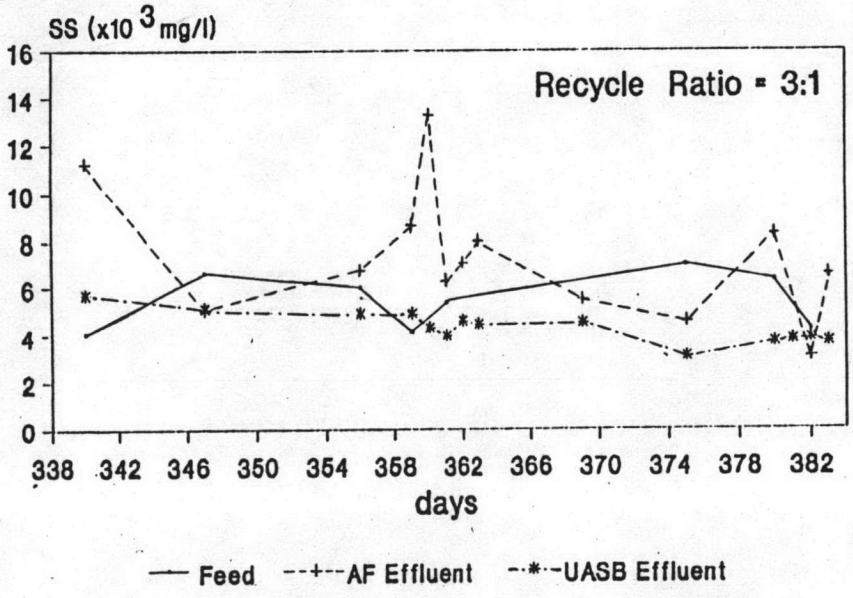
รูปที่ ค.100 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



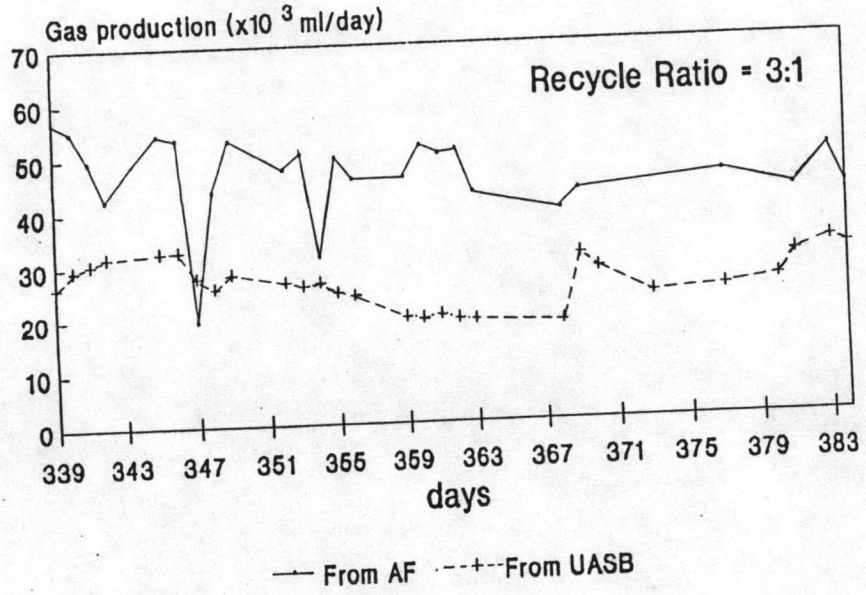
รูปที่ ค.101 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



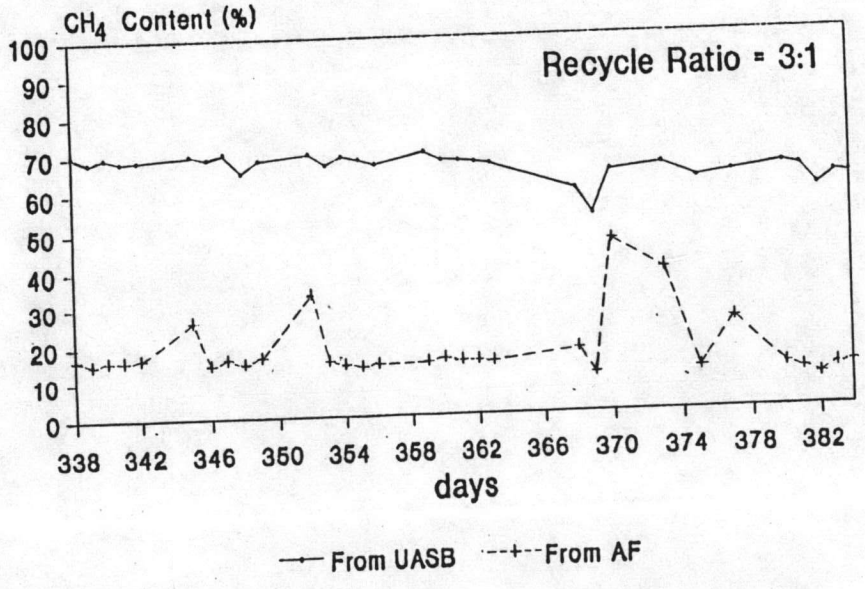
รูปที่ ค.102 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ



รูปที่ ค.103 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำกากส่าที่เข้าสู่ระบบและน้ำกากส่าที่ออกจากระบบ

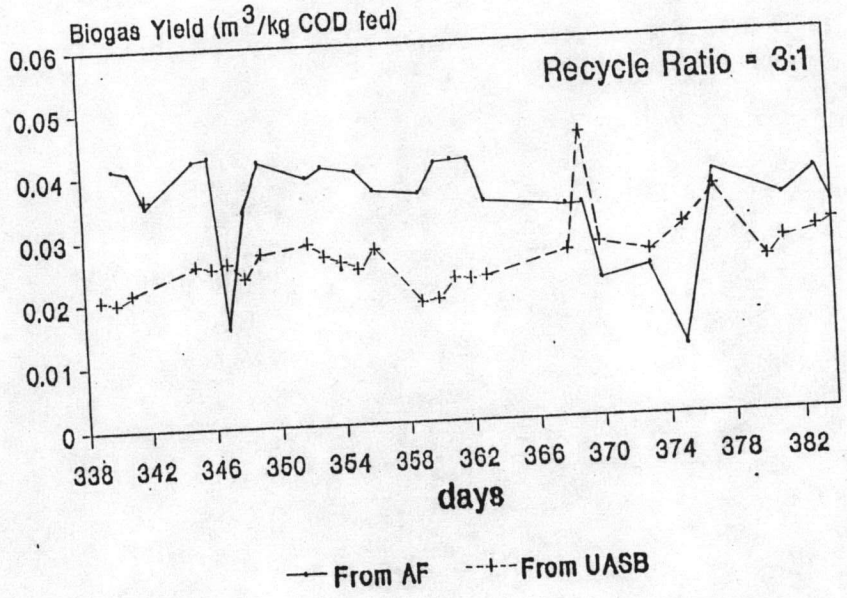


รูปที่ ค.104 การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

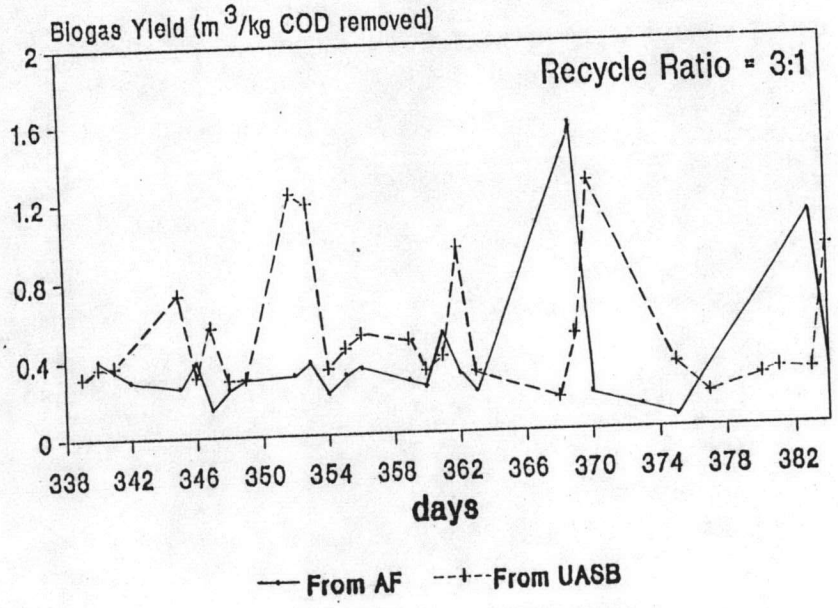


รูปที่ ค.105 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

(A)



(B)

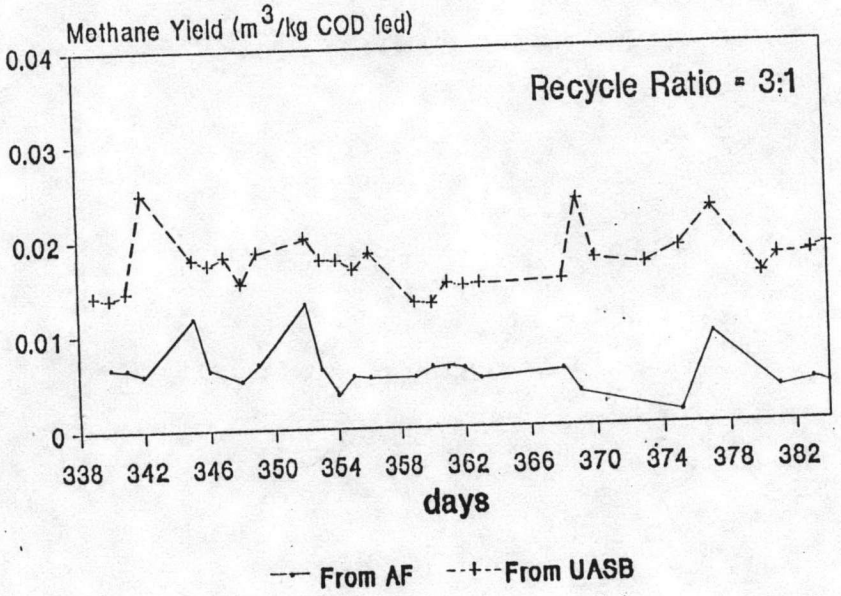


รูปที่ ค.106 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

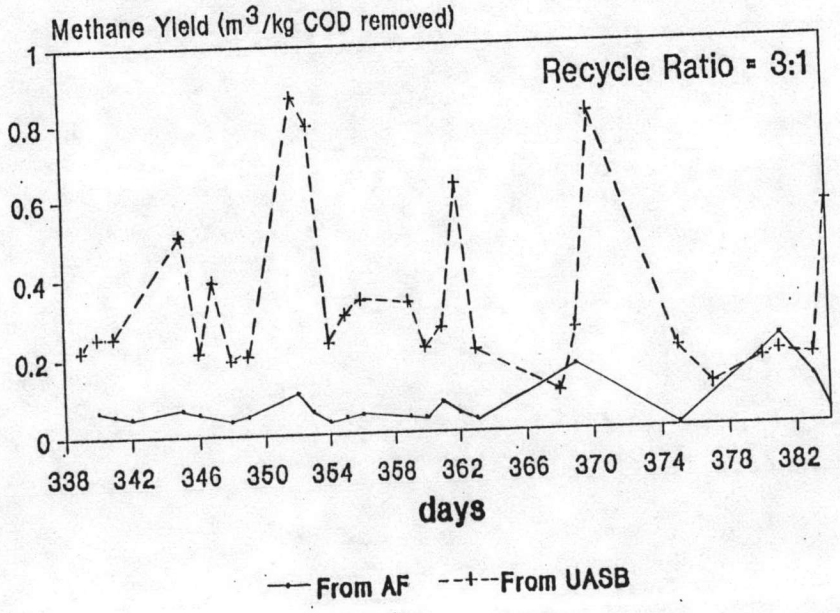
(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

(A)



(B)



รูปที่ ค.107 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

(A) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

(B) พิจารณาเทียบกับค่า COD ที่ถูกกำจัด

ภาคผนวก ง

ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล

ตารางที่ ง.1 ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล (standard diviation) คิดเป็น % ภายใต้สภาวะคงตัวที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่าง ๆ

Organic Loading		kg COD/m^3.d	0.49	1.01	2.03	2.03	2.98	6.38	8.2	10.02	10.95	13.05
Feed	COD	mg/l	9.17	2.74	1.20	9.42	3.24	2.06	1.79	4.78	2.97	2.59
	VFA	mg/l	0.00	41.07	5.50	14.20	5.71	12.45	6.24	7.67	0.00	1.11
	pH		10.80	1.29	0.85	1.94	1.70	1.15	0.00	1.47	0.00	1.73
	ALK	mg/l	20.69	21.00	12.50	9.32	9.20	11.69	2.96	8.84	2.07	61.30
	SS	mg/l	82.88	-	23.79	-	10.27	35.36	59.36	46.38	15.30	27.59
Anaerobic Filter	COD	mg/l	2.40	1.68	0.28	2.79	4.12	2.92	2.37	3.80	2.69	5.96
	VFA	mg/l	9.39	16.04	9.47	34.63	25.95	7.13	1.18	9.22	3.94	7.58
	pH		2.22	1.08	0.00	0.90	2.05	2.17	1.47	1.73	1.46	2.36
	ALK	mg/l	5.06	1.63	1.39	4.49	2.19	2.99	1.94	2.00	1.87	2.50
	SS	mg/l	55.75	-	65.28	6.32	42.05	30.20	11.60	16.25	35.63	39.38
	Gas Production	ml/d	-	10.00	7.60	11.83	13.39	8.48	6.33	22.99	11.53	7.57
	CO	%	11.57	12.24	5.76	5.18	9.78	2.08	1.45	2.06	0.76	6.63
	CH	%	3.34	11.89	11.52	21.91	15.19	8.23	19.94	17.49	3.34	44.04
	COD Removal	%	29.73	10.09	7.48	15.25	13.15	9.09	2.51	9.87	9.11	64.47
UASB	COD	mg/l	2.79	1.47	1.74	5.20	3.93	2.00	2.44	3.17	2.74	1.91
	VFA	mg/l	38.63	15.50	12.03	43.47	37.92	5.97	4.07	7.76	6.21	5.03
	pH		2.17	1.05	0.89	0.75	3.13	3.28	1.34	0.85	0.61	1.54
	ALK	mg/l	7.02	2.89	1.34	9.89	8.22	2.46	2.98	3.12	2.42	3.79
	SS	mg/l	68.18	-	61.42	8.13	12.24	24.98	34.50	16.59	7.09	2.00
	Gas Production	ml/d	22.16	28.43	25.78	17.98	13.20	5.94	15.31	13.70	4.79	12.72
	CO	%	-	20.87	12.01	15.76	6.16	3.53	2.17	7.70	11.97	5.83
	CH	%		7.41	3.17	6.76	2.56	1.50	0.89	4.16	6.91	3.46
	COD Removal	%	24.85	12.95	12.11	-	18.47	10.15	32.25	40.79	29.93	56.90

ประวัติผู้เขียน

นางสาว นาฏนดา ธรินทร์วรคุปต์ เกิดวันที่ 22 พฤศจิกายน 2512 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อพ.ศ. 2534 ในระหว่างศึกษาเคยได้รับทุนผู้ช่วยสอน/ผู้ช่วยวิจัย จากฝ่ายวิชาการฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นเวลา 1 ปี (มิถุนายน 2535 ถึง มิถุนายน 2536) โดยปฏิบัติหน้าที่ผู้ช่วยสอนในภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย