# รายการอ้างอิง

ภาษาไทย


กรรณิการ์ สิริสิงห์ เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์ กรุงเทพมหานคร คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2525

กัณฑมาศ สุทธิเรืองวงศ์ การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมีเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสี วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง, ( กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525).

พรพจน์ กรรณสูต "การจัดการน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมากด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่มีชั้นตัวกรองสูง วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

โรงงานสุราไทยทำ รายงานการทดลองระบบกำจัดน้ำเสียประจำปี 2530

โรงงานสุขาแสงโสม รายงานผลการวิเคราะห์น้ำกากส่าประจำปี 2535

สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย "สรุปผลการทดลองกำจัดน้ำกากส่าในห้องปฏิบัติการ" แนวทางการกำจัดจากโรงงานสุรากรมสรรพสามิต สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย หน้า 1-73, 2525.

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

_____. เอกสารประกอบคำบรรยาย การฝึกอบรมเรื่อง "การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ ของโรงงานประกอบกิจการอาหารและเครื่องดื่ม" กรุงเทพมหานคร : 2529.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ "การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชน" พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร :

โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2524.

อะเคื้อ บุญญสิริ การบำบัดน้ำกากส่าโดยกระบวนการยูเอเอสบีที่อุณหภูมิสูง วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ภาษาอังกฤษ

Aoshima,I., Tozowa,Y., Ohmomo,S., and Ueda,K.," Production of Decolorization Activity for Molasses Pigment by Coriolus versicolor Ps4a."Agric. Biol. Chem., vol. 49(7), p.2041-2045, 1985.

Britz,T.J., Venter,C.A., and Tracey,R.P.,"Anaerobic Treatment of Manicipal Landfill Leachate using an Anaerobic Hybrid Digester." Biological Waste, vol.32 ,p. 181-191, 1990.

Brock,T.D., Madigan,M.T.and Hall.L., Biology of microorganism 5th ed. New Iersey : Practical Hall, Englewood cliff, 1991.

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

Craw ford,C.V. and Teletzke,G.H., " Performance of hybrid anaerobic process. " Proceedings 41st Ind Waste Conf., Puraue Univ. West Lafayette Ind.,p. 196-203 , 1986.

Dague, R.R., " Digestion fundamental applied to digester recovery-two case studies."JWPCE, vol. 42, p.1667-1675, 1970.

Eckenfeler,W.W., "Principle of Water Quality Management." CBI publishing Company, 1979.

EcKenfelder,W.W.Jr. and Fordd, D.L., Water Pollution Control Proceure and Laboratory, Pemberton Press, Austin: 1972.

Ferguson,T.F., Eis,B.J., and Benjamin,M.M., "Neutralization in anaerobic treament of an acidic waste." Water Res, vol. 18, p.576-580, 1984.

Gomya,T., Kato., Udaka,J., Horihoshi,M. and Fujimaki,M., "Chemical properties studies on melanoidins prepared from flycine-xylose system." Agric. Biol. Chem., vol. 36, p.123-132, 1972.

Guiot,S.R., Kenedy,KJ.and Van den burg,L., "Comparision of the upflow anaerobic Sludge blantket and sludge bed filter concept. "Anaerobic treatment a grown up technology. Aquatech, Amsterdam, vol. 86, p. 15-19, 1986.

_____. and Van den Berg,L. "Performance and biomass retention of an upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and a filter." Biotechnology lett., 6, p. 161-164, 1984.

_____. and Van den Berg, L. Performance of an upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and a filter treating sugar waste. Biotechnol. Bioeng., vol. 27, p. 800-806, 1985.

Hemens,J., Meiring, P.G., "Full-scale Anaerobic Digestion of Effluents from the production of Maize strach." Water Waste Treat, vol. 2, p. 16-18, 1962.

Hertwig,K., Bergmann,H., Neiber,F., "Modelling and Design of Electrochemical cells for Waste Water Treatment." paper presented in Fourth World Congress of Chemical Engineering, Karlsrule, p. 2-3, 1990.

Jacob,A., "Energy Recovery from Wastewater Treatment System." p.259-272, 1980.

Jayaden,J., "High Rate Anaerobic Treatment of Industrial Wastewater at Thermophilic condition." (Master's Thesis, Asian Institute of Technology), p.30-35, 1992.

Kato,H., Tsuchida,H.," Estimation of melanoidin Structure by pyrolysis and oxidation." Prog.Fd Nutr. Sci., p. 147-156, 1981.

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

Krocker,E.T.,"Anaerobic Treatment Process Stability", WPCF , vol. 51, p.718, 1979.

Lettinga,G., Van Velsen, A.F.M., Hobma, S.W., De Zeeuw, W.& Klapwijk, A., "Use Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment Especially for Anaerobic Treatment." Biotechnology and Bioengineering, vol.22, p.699-734,1980.

Lier,J., "Thermophillic waste water treatment." Anaerobic Reactor Technology, International course on an aerobic waste water treatment, Jun. 26 - Aug. 7. Wageningen Agricultural University, p.67-68, 1991.

Lieber,H.W., "Electrochemistry for Waste Water Treatment." paper presented in Fourth World Congress of Chemical Engineering, Karlsule, p. 1-2, 1990.

Loehr,R.C., Pollution Control for Agriculture, New York: Academic club, 1977.

Mc Carty,P.L., "Anaerobic Waste Treatment Fundamental, part I, Chemistry and Microbiology." Public Works, vol. 95, p. 107-112, 1964.

_____. and Mc Kinney,R.E., "Volatile Acid Toxicity in Anaerobic Digestion." Jounal Water Pollution Control Federation, vol. 33, p. 3, 1961.

Mendia,L., "Electrochemical Process for Waste Water Treatment." Wat.Sci.Tech.,vol. 12, p.331-344, 1982.

Molina,C., Rigel,C., Lacosete,G., "Electrochemical Treatment of Industrial Waste Water and Product: a good way for enviroment protection." paper presented in Fourth World Congress of Chemical Engineering, Karrule, p. 20, 1990.

Murray,W.D., "Distribution of Methanogenic and Acidogenic Microorganism in a Stationary Fixed-Film Reactor." Proc.3rd European Congress on Biotechnology, Munich, Germany, vol. 3, p. 145-149, 1984.

Ohmomo,S., Aoshima,Y., Tozawa,No., Sakurada,N., and Ueda, K., "Purification and Some Properties of Melanoidin Decolorizing Enzyme, p. 3-4, from Mycilia of Coriolus Versivolor Ps4a." Agric. Bilo. Chem., vol. 49(7), p. 2047-2053, 1985.

Ohmomo,S., Itoh,N., Watanabe,Y., Kaneko,Y., Tozawa,N., and Ueda,K., "Continuous Decolorization of Molasses Waste Water with Micillia of Coriolus vresicolor Ps 4a. "Agric. Biol. Chem., vol.49(9) p.2551-2555, 1985.

_____. Kainuma,M., Kamimura, K.,Santhad Siriauntapiboon., Aoshima,I., and Pulsuk Attasampunna., "Adsorption of Melanoidin to the Mycelia o Aspergillus oryzae Y-2-34." Agric. Bioil. Chem., vol.52(2), p.381-386, 1988.

_____. Kaneko,Y., Santhad Siriauntapiboon., Prapisri Somchai., Pulsuk Atthasampunna., and Nakamura, I., "Decolorization of Molasses Waste Water by a Thermophillic strain, Aspergillus fumigatus G-2-6" Agri. Biol. Chem., vol.51(12), p.3339-3346, 1987.

_____. Wiwat Daengsubha., Yoshikawa,H., Yui,M., Nozaki, K., Nakajima,T. and Nakamura,I. "Screening of Anaerobic Bacteria with the ability ot Decolorize Molasses Melanoidin" Agric. Bio. Chem., vol.52(10), p.2429-2435, 1988.

_____. Yhikawa,H., Nozaki,K., Nakajima,T. and Nakamura, I., "Continuous Decolorization of Molasses Waste Water Using Immobilized Lactobaccilus hiligardii Cell." Agric. Biol. Chem., vol. 52(10), p.2437-2441, 1988.

Okada,N., Ohta,T., and Edbine,H., "Factor affecting The gel chromatogram patterns of non-dialyzable melanoidin during shacking in media." Nippon Nogei-

kagaka Kaishi, vol. 55, p. 407-414, 1981.

Pichon,M., Rouger,J., and Junet,E., "Anaerobic treatment of sulphur-conditioning effluents." Wat Sci Tech, vol. 20, p. 133-141, 1988.

Samson,R., Guiot,S.R., "Mixing characteristics and Performance of the Anaerobic Upflow Blanket Filter (UBF) Reactor." J. Chem. Tech. Biotechnol, vol. 35 B, p. 65-74, 1985.

Sanders,F.A. and Bloodgood,D.E., "Effect of Nitrogen to Carbon Ratio on Anaerobic Decomposition." Water Pollution Control Federation, vol.37, p.1741-1752. 1965.

Santhad Sirianuntapiboon., Prapisri Somchai., Ohmomo,S., and Pulsuk Atthasampunna., "Screening of Filamenteous Fungi Having the ability to Decolorize Molasses Pigment." Agric. Biol. Chem., vol. 52(2), p. 387-392, 1988.

_____. Prapisri Somchai., Prakitsin Sihanonth., Pulsuk Attasampunna., Ohmomo,S., "Microbial Decolorization of molasses Waste Water by Mycelia Sterilia D 90." Agric. Biol. Chem., vol. 52(2), p. 393-398, 1988.

Sprece,R.L. and Mc Carty, P.L., "Nutrient Requirements and Biological Solids Accumulations in Anaerobic Digestion. "Proceeding of the Conference on Water Pollution Research Pergamon Press, New york, vol. 2, 1964.

Staford,O.A., Hankes, D.L. and Horton,R., Methane Production from waste Organic Matter, CRC Press Inc., Florida, 1980.

Takashi,K., Takekiko,K., Minoru,T., Kazuhiro,T., Kazuhiro, S., Kou,S., "Anaerobic treatment of thermal sludge conditioning liquor with granular sludge." Water Environment Research, Jan/Feb, vol. 65, p. 6-14, 1993.

Thirumurhi,D., "Effects of mixing Velcity of an anaerobic fixed filmed reactors." Water Res, vol. 22, p.517-523, 1988.

Ueda,K., "Search and Screening of Microorganisms Having Decolorizing Activity of Molasses Pigments." Microbial Utilization of Renewable Resources, P. 195-198, 1983.

Uhrich,D., "Method for removing dye stuffs from waste water." U.S. Patent Number 4,880,510,1989.

Verink.J., Nitisorvit.S.,, Answangkul,M., Chartrakoon.S., Praserthongkorn,O., Jongpornpraseod,A., and Thein thong,B., "Pilot Plant Anaerobic Industrial Wastewater Treatment:Case Study at a Distillery." paper presented in the Workshop on Clean Technology at AIT, Bangkok, 7-9.11.1989.

Veronica,P.Migo., Masatoshi M., Ernesto J. Del Rosario., and Hiroshi K., "Decolorization of Molasses Waste Water Using an Inorganic Flocculant." Formentation and Bioengineering, vol.75, p.438-442, 1993.

Warachack International Co.,Ltd., Technical papered, "Klose-Clerox system:Wastewater treatment without addition of chemical.", 1993.

Watanabe,Y., Sugi,R., Tanaka,T., and Hayashida,S.," Enzymatic Decolorization of Melanoidin by Coriolus sp. No.20. "Agric. Biol. Chem., vol. 46(6) p.1623-1630, 1982.

William,W., Thomas,Jr., Dryden,Va., David Lewis,J.,"Water clarification". U.S. Patent Number 4, 915, 846, 1990.

Zeikus,J.G., Microbial population in digesters.In.D.A. Stafford et.al.(eds.) Proceedings of the first international symposium on anaerobic digestion. London : Applied Science, 1979.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ก 1 พีเอช(pH)

วิธีการหาค่าพีเอช วัดโดยตรงด้วยเครื่อง pH meter HANNA instruments 8417 ดังนี้

ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างแท่งแก้วอิเล็คโทรดให้สะอาด ใช้กระดาษทิชชูชนิดเนื้อละเอียดซับน้ำให้แห้ง ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่อง ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างอิเล็คโทรดอีกครั้งซับน้ำให้แห้ง จุ่มแท่งแก้วอิเล็คโทรดลงในตัวอย่างน้ำตัวอย่าง รอให้ค่าพีเอชคงที่สักครู่อ่านค่าพีเอชที่ได้

หมายเหตุ : รายละเอียดนอกจากนี้ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะของเครื่อง

ก 2 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

ที่มา ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2525)

วิธีวิเคราะห์

อบกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Microfibre Filter, Whatman GF/C) ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105°ซ.ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งหาน้ำหนัก วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ (Buchner funnel) ซึ่งต่อกับเครื่องดูดอากาศ(SuctionApparatus) ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์ กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่เหมาะสม โดยอาศัยแรงดูดช่วยใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง ปิดเครื่องดูดอากาศใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่ถาดอะลูมิเนียมเล็กๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ103-105°ซ.ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องใน Desiccator ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

วิธีคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย} = \frac{\text{น้ำหนักสารที่เพิ่มขึ้น (มก.)} \times 1{,}000}{\text{ตัวอย่าง (มล.)}}$$

ก 3 ซีโอดี (COD)

ที่มา ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2525)

วิธีวิเคราะห์

ใส่ 0.4 กรัม $HgSO_4$ ลงในขวดก้นกลมใส่ลูกแก้วเล็กๆ (Glass beads) 3-4 ลูก (เพื่อช่วยให้การเดือดเป็นไปโดยสม่ำเสมอ) เติมน้ำตัวอย่าง (ที่ผ่านการเซนตริฟิวจ์ที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาทีและทำให้เจือจางตามอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว) จำนวน 20 มล. เขย่าเติม 10 มล.ของสารละลายมาตรฐาน 0.25N $K_2Cr_2O_7$ จากนั้นค่อยๆเติม 30 มล. ของสารละลาย $H_2SO_4 + Ag_2SO_4$ นำขวดกลั่นไปต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ที่เปิดน้ำหล่อเย็นไว้แล้วแกว่งขวดกลั่นเบาๆให้สารเคมีในขวดเข้ากัน รีฟลักซ์ประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ล้างคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาตรประมาณ 140 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น ไตเตรท $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือด้วยสารละลาย 0.1N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้วโดยใช้เฟอโรอิน (Ferroin) เป็นอินดิเคเตอร์ ทำแบลงค์ (Blank) โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

วิธีคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มก./ลิตร)} = \frac{(D-S)\ N \times 8{,}000}{\text{มล.ตัวอย่าง}}$$

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

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

N = นอร์มัลลิตี้ (Normality) ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

<u>หมายเหตุ</u> : กรณีที่มีการเจือจางน้ำตัวอย่าง ต้องนำค่า Dilution factor มาคูณด้วย

ก 4 กรดไขมันระเหย (VFA)

<u>ที่มา</u> ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2525)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

ใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการเซนตริฟิวจ์ ที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จำนวน 10 มล.ใส่ในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่นลงในขวดกลั่นอีก 190 มล. เติม 1+1 $H_2SO_4$ 5 มล. ต่อเข้ากับชุดกลั่นด้วยไอน้ำ จนได้ปริมาตร 150 มล.นำไปไตเตรทกับ 0.1 N NaOH ที่มีความเข้มข้นแน่นอน โดยใช้ฟินอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{กรดระเหย(มก./ลิตร)} \\ \text{(ในรูปของกรดน้ำส้ม)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไตเตรท x N x 60,000}}{\text{มล.ตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของ NaOH ที่ใช้

ก 5 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

<u>วีธีวิเคราะห์</u>

ใช้น้ำตัวอย่างเดียวกันกับที่ใช้หาปริมาณกรดระเหยจำนวน 10 มล.ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 300 มล. เติมน้ำกลั่นลงในบิกเกอร์ให้สารละลายทั้งหมดมี

ปริมาตรเป็น100 มล.วัดพีเอชของตัวอย่างน้ำ ไตเตรทน้ำตัวอย่างด้วย 0.1 N HCl ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน จนได้พีเอชเท่ากับ 4.00 โดยใช้พีเอชมิเตอร์และกวนด้วย Magnetic bar เป็นตัวกวน

วิธีคำนวณ

$$\text{ค่าความเป็นด่าง(มก./ลิตร)} = \frac{\text{ปริมาตร HCL ที่ใช้ไตเตรท x N x 50,000}}{\text{มล.ตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้น HCl

ก 6 เอ็มแอลเอสเอส (Mixed Liquor Suspened Solids, MLSS)

วิธีวิเคราะห์

ใช้วิธีเดียวกับการหาปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) โดยใช้น้ำตัวอย่างจากแต่ละระดับภายในถังยูเอเอสบีมาหาค่า SS แล้วคำนวนตามสูตร ค่า MLSS นี้ควรวิเคราะห์ก่อนเปลี่ยนอัตราป้อนสารอินทรีย์ไหม่ทุกครั้งหรือเมื่อระบบมีปัญหา เช่น VFA สูงมาก COD ไม่ลดลงเพราะอาจมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียในระบบ wash out อันจะทำให้ MLSS มีค่าน้อยกว่า 20,000 มก./ล. ซึ่งต้องดำเนินการแก้ไขต่อไป

วิธีคำนวณ

$$\text{MLSS (มก./ลิตร)} = \frac{(SS_1 x D_1)+(SS_2 x D_2)+...+(SS_{nn} x D_n)}{D_1+D_2+.....+D_n}$$

เมื่อ $SS_1$(มก./ลิตร) = ตะกอนที่ จุดเก็บตัวอย่าง (Sampling port) ที่ 1

$D_1$(เซนติเมตร) = ระยะจากก้นถังถึงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1

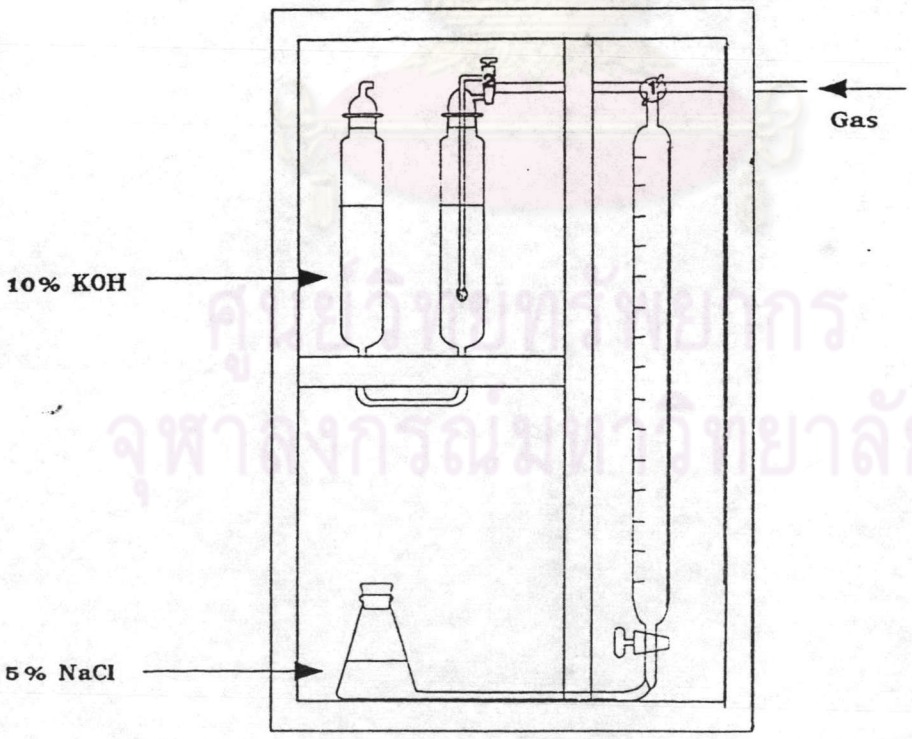
$SS_n$(มก./ลิตร) = ตะกอนที่ จุดเก็บตัวอย่าง (Sampling port) ที่ n

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

ก 7 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ($CO_2$, $CH_4$)

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่องมือ Orsat Gas Analyzer ดังแสดงในรูป ก.1 โดยมีวิธีดังต่อไปนี้ ใส่สารดูดซึมก๊าซ (10% KOH) ลงในภาชนะดูดซึม (absorption vessel) และใส่ 5% Nacl ลงในขวดปรับระดับให้มากพอที่เมื่อยกขวดปรับระดับให้สูงขึ้นถึงระดับเหนือเครื่องมือแล้ว Nacl จะเต็มบิวเรตพอดี เปิดวาล์ว 1 ให้ก๊าซชีวภาพเข้าไปแทนที่ Nacl ในบิวเรตปิดวาล์ว 1 เมื่อได้ก๊าซเป็นปริมาณที่ต้องการ อ่านปริมาณ(ให้เป็น A มล.) ต่อจากนั้นเปิดวาล์ว 1 เพื่อให้ก๊าซไหลผ่านไปสู่ภาชนะใส่สารดูดซึม โดยเมื่อเปิดวาล์ว 2 และ ยกขวดปรับระดับลงต่ำกว่าก๊าซชีวภาพจะไหลออกสู่บิวเรต ทำเช่นนี้ซ้ำไปมา 5-6 ครั้งจนสามารถอ่านปริมาตร Nacl ในบิวเรตได้คงที่ จดปริมาตร Nacl ที่อ่านได้ (ให้เป็น B มล.)




รูปที่ ก 1 Orsat Gas Analyzer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณ

$$\%CO_2 = \frac{\text{ปริมาตรก๊าซที่หายไป } (V_a - V_b) \times 100}{\text{ปริมาตรก๊าซเริ่มต้น } V_a}$$

$V_a$ : ปริมาตรก๊าซเริ่มต้น

$V_b$ : ปริมาตรก๊าซหลังผ่านสารละลาย 10% KOH

$\%CH_4$ = 100 - ร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์

หมายเหตุ ตัวเลข 5.2 เป็นตัวเลขเฉพาะสำหรับแต่ละเครื่อง

ก 8 การหาค่าดูดกกลืนแสง และเปอร์เซนต์การขจัดสี

ที่มา Ueda, K. 1983

นำตัวอย่างที่เป็นของเหลวมาเข้าเครื่องเซนตริฟิวจ์ แยกเอาตะกอนออกที่ความเร็วรอบ 10000 รอบต่อนาทีเป็นเวลานาน 15 นาที ดูดเอาน้ำส่วนใส 1.0 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ (Acetate buffer) 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร วัดความเข้มข้นของสี โดยนำไปอ่านค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร

การคำนวณ

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

A = ค่าดูดกลืนแสงก่อนการขจัดสี

B = ค่าดูดกลืนแสงหลังการขจัดสี

เครื่องเซนติฟิวจ์ที่ใช้ ยี่ห้อ TEC รุ่น HN-S

เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ ยี่ห้อ shimadzu รุ่น 160A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

## ข.1 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบ

### ข.1.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (COD Removal)

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

### ข.1.2 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas Yield)

ข.1.2.1

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซ} = \frac{\text{ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{ปริมาตรถังยูบีเอฟ}} = \frac{\text{ม.}^3\text{/วัน}}{\text{ม.}^3}$$

ข.1.2.2

$$\frac{\text{ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{V \times (\text{ซีโอดีเข้า} - \text{ซีโอดีออก})} = \frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด}}$$

V : อัตราการไหลของสารอินทรีย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.1.2.3

$$\frac{\text{ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{V x ซีโอดีเข้า}} = \frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีเข้า}}$$

ข.1.3 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเธน(Methane Yield)

ข.1.2.1

$$\frac{\text{ก๊าซมีเธนที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{ปริมาตรถังยูบีเอฟ}} = \frac{\text{ม.}^3/\text{วัน}}{\text{ม.}^3}$$

ข.1.2.2

$$\frac{\text{ก๊าซมีเธนที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{Vx(ซีโอดีเข้า-ซีโอดีออก)}} = \frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด}}$$

V: อัตราการไหลของสารอินทรีย์

ข.1.2.3

$$\frac{\text{ก๊าซมีเธนที่เกิดขึ้นต่อวัน}}{\text{V x ซีโอดีเข้า}} = \frac{\text{ม.}^3}{\text{กก.ซีโอดีเข้า}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.2 การคำนวณอัตราป้อนสารอินทรีย์

$$V_o = \frac{V_n \times \text{ซีโอดีของน้ำกากส่า}}{V_t \times 1{,}000}$$

$V_o$ : อัตราป้อนสารอินทรีย์ (Organic Loading) ลิตร/วัน

$V_n$ : อัตราการไหลของน้ำกากส่า มก./ลิตร

$V_t$ : ปริมาตรถังยูบีเอฟ ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 และรูปที่ ค.1 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 1.23 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.2 และรูปที่ ค.2 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.36 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.3 และรูปที่ ค.3 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 5.07 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.4 และรูปที่ ค.4 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 7.53 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.5 และรูปที่ ค.5 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 10.08 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.6 และรูปที่ ค.6 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 13.17 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.7 และรูปที่ ค.7 แสดงค่าดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟ ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 15.75 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

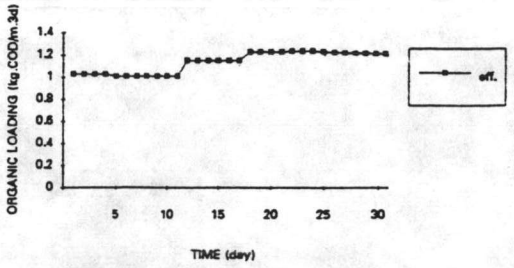
ตารางที่ ค.8 การเปลี่ยนแปลง $OD_{475}$ ของระยะเวลาเก็บตัวอย่างน้ำกากส่าที่ผ่านระบบบำบัดเคมีไฟฟ้า (ชม.)ต่างๆที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ ก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่

ตารางที่ ค.9 การเปลี่ยนแปลง $OD_{475}$ ของระยะเวลาเก็บตัวอย่างน้ำกากส่าที่ผ่านระบบบำบัดเคมีไฟฟ้า (ชม.)ต่างๆที่ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) ต่างๆ ก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่ (เวลาเก็บกักคงที่ 0.66 ชม.)

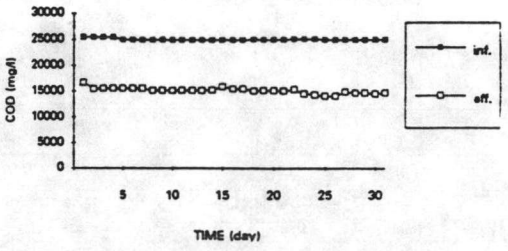
ตารางที่ ค.1 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 1.23 ก.ก.ซีโอดี/ม 3 วัน

| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/ $m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / $\%CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 25500 | 16750 | 4.95 | 8.25 | 382 | 245 | 1012 | 5925 | 25270 | 16500 | 849 | 2410 | 1.4 | 1.0288 | 954 | |
| 2 | 25500 | 15412 | 4.95 | 8.30 | 382 | 240 | 1012 | 4550 | 25270 | 19850 | 849 | 2090 | 1.4 | 1.0288 | 1696 | |
| 3 | 25500 | 15574 | 4.95 | 8.10 | 382 | 411 | 1012 | 4550 | 25270 | 20200 | 849 | 1880 | 1.4 | 1.0288 | 2756 | |
| 4 | 25500 | 15575 | 4.95 | 8.10 | 380 | 400 | 1010 | 4500 | 25200 | 20100 | 845 | 1880 | 1.4 | 1.0288 | 2756 | |
| 5 | 24947 | 15574 | 4.9 | 8.05 | 375 | 445 | 993 | 7400 | 24795 | 20100 | 833 | 1620 | 1.4 | 1.0065 | 2756 | |
| 6 | 24947 | 15570 | 4.9 | 8.10 | 375 | 402 | 993 | 5950 | 24795 | 21000 | 833 | 1570 | 1.4 | 1.0065 | 2650 | |
| 7 | 24947 | 15570 | 4.9 | 8.05 | 375 | 402 | 993 | 5825 | 24795 | 23900 | 833 | 1360 | 1.4 | 1.0065 | 530 | |
| 8 | 24947 | 15139 | 4.9 | 8.10 | 375 | 377 | 993 | 5825 | 24795 | 20150 | 833 | 1300 | 1.4 | 1.0065 | 550 | |
| 9 | 24974 | 15140 | 4.9 | 8.10 | 375 | 378 | 993 | 5820 | 24790 | 20150 | 835 | 1350 | 1.4 | 1.0065 | 510 | |
| 10 | 24974 | 15138 | 4.9 | 8.05 | 375 | 378 | 993 | 5820 | 24790 | 21000 | 835 | 1350 | 1.4 | 1.0065 | 510 | |
| 11 | 24950 | 15135 | 5.1 | 8.05 | 236 | 380 | 690 | 5900 | 21870 | 21010 | 961 | 1400 | 1.6 | 1.1504 | 320 | |
| 12 | 24950 | 15130 | 5.2 | 8.05 | 236 | 370 | 695 | 5905 | 21870 | 21010 | 961 | 1410 | 1.6 | 1.1504 | 320 | |
| 13 | 24950 | 15130 | 5.20 | 8.05 | 236 | 380 | 695 | 5900 | 21868 | 21000 | 861 | 1400 | 1.6 | 1.1504 | 318 | |
| 14 | 24950 | 15200 | 5.20 | 8.10 | 236 | 350 | 695 | 5850 | 21868 | 21050 | 861 | 1350 | 1.6 | 1.1504 | 954 | |
| 15 | 24950 | 15858 | 5.20 | 7.95 | 236 | 137 | 695 | 5900 | 21868 | 21300 | 861 | 1620 | 1.6 | 1.1504 | 1060 | |
| 16 | 24950 | 15470 | 5.20 | 8.00 | 236 | 274 | 695 | 5900 | 21868 | 20500 | 861 | 1370 | 1.6 | 1.1504 | 530 | |
| 17 | 24950 | 15427 | 5.20 | 8.30 | 236 | 197 | 695 | 5750 | 21868 | 19400 | 861 | 380 | 1.6 | 1.1504 | 1272 | |
| 18 | 25100 | 15090 | 5.10 | 8.15 | 237 | 199 | 690 | 5740 | 21700 | 19100 | 860 | 381 | 1.7 | 1.2296 | 2014 | |
| 19 | 25100 | 15092 | 5.15 | 8.15 | 240 | 300 | 700 | 5500 | 21700 | 19100 | 850 | 960 | 1.7 | 1.2296 | 2014 | |
| 20 | 25100 | 15133 | 5.15 | 7.90 | 240 | 111 | 700 | 5600 | 21700 | 18850 | 850 | 870 | 1.7 | 1.2290 | 2438 | |
| 21 | 25100 | 15074 | 5.15 | 8.00 | 240 | 257 | 700 | 5560 | 21700 | 19050 | 850 | 1100 | 1.7 | 1.2290 | 2862 | |
| 22 | 25132 | 15355 | 5.10 | 8.00 | 232 | 282 | 741 | 5690 | 22100 | 19100 | 918 | 1110 | 1.7 | 1.2310 | 2968 | |
| 23 | 25132 | 14513 | 5.10 | 8.20 | 232 | 291 | 741 | 5600 | 22100 | 20350 | 918 | 1390 | 1.7 | 1.2310 | 3498 | |
| 24 | 25132 | 14285 | 5.10 | 8.15 | 232 | 291 | 741 | 5575 | 22100 | 20350 | 918 | 1340 | 1.7 | 1.2310 | 3392 | |
| 25 | 25050 | 14140 | 5.2 | 8.10 | 250 | 290 | 740 | 5700 | 20800 | 20350 | 910 | 1340 | 1.7 | 1.2260 | 3498 | |
| 26 | 25028 | 14145 | 5.20 | 8.15 | 255 | 274 | 720 | 5700 | 20800 | 20850 | 875 | 1270 | 1.7 | 1.2260 | 3498 | |
| 27 | 25028 | 14916 | 5.20 | 8.15 | 255 | 154 | 720 | 5750 | 20800 | 19350 | 875 | 1460 | 1.7 | 1.2260 | 4240 | |
| 28 | 25028 | 14732 | 5.20 | 8.00 | 255 | 174 | 720 | 5600 | 20800 | 19500 | 875 | 1460 | 1.7 | 1.2259 | 4138 | |
| 29 | 25025 | 14696 | 5.20 | 8.10 | 244 | 222 | 745 | 5700 | 21020 | 18600 | 914 | 1440 | 1.7 | 1.2259 | 3816 | |
| 30 | 25025 | 14513 | 5.20 | 7.90 | 244 | 197 | 745 | 5800 | 21020 | 18750 | 914 | 1290 | 1.7 | 1.2259 | 3922 | |
| 31 | 25025 | 14712 | 5.20 | 8.25 | 244 | 188 | 745 | 5850 | 21020 | 18900 | 914 | 1610 | 1.7 | 1.2259 | 4028 | |
| AVG | 25026 | 14713 | 5.20 | 8.09 | 247 | 47.4 | 732 | 5713 | 21126 | 19463 | 897 | 1410 | 1.7 | 1.2259 | 3938 | |
| STD | 15.85 | 127.9 | 0 | 0.113 | 7.96 | 2.14 | 11.94 | 86.78 | 446 | 848 | 19.83 | 110.06 | 0 | 0.0019 | 240 | |

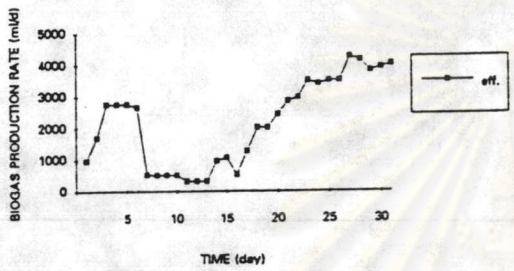
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณ 7 วันสุดท้าย



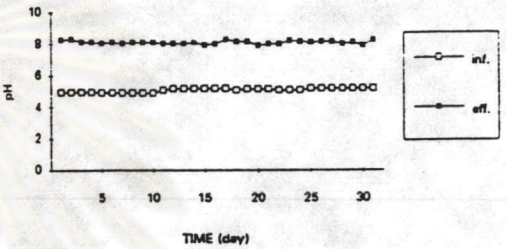

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



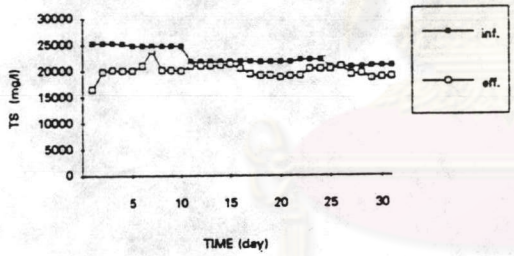

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี.(มก./ล.)



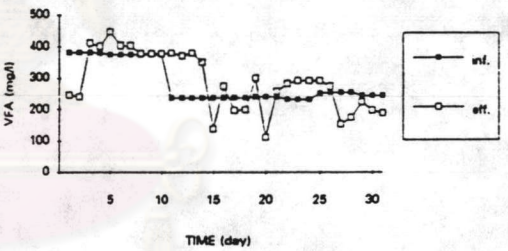

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



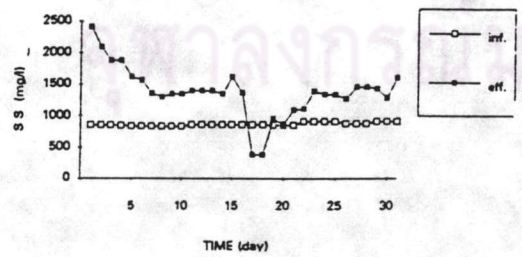

ค่าความเป็นกรดด่าง



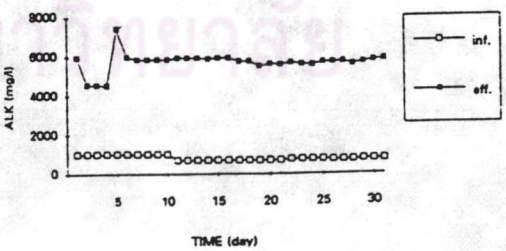

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)



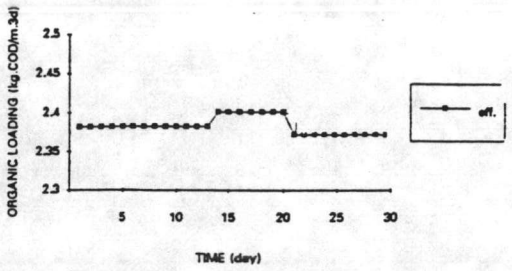

ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

รูปที่ ค.1 ดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 1.21 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

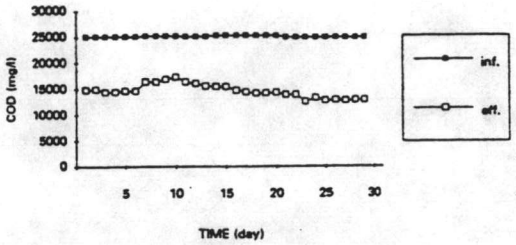
ตารางที่ ค.2 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.36 ก.ก ซีโอดี/ม.3 วัน

| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/$m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / $\%CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 25050 | 14834 | 5.25 | 8.05 | 250 | 325 | 430 | 5900 | 20500 | 18900 | 800 | 1050 | 3.3 | 2.3822 | 6148 | |
| 2 | 25050 | 14928 | 5.25 | 8.00 | 250 | 514 | 430 | 5825 | 20500 | 18750 | 800 | 1250 | 3.3 | 2.3822 | 6784 | |
| 3 | 25050 | 14374 | 5.25 | 8.03 | 250 | 600 | 430 | 5850 | 20500 | 18350 | 800 | 1090 | 3.3 | 2.3822 | 5724 | 61/39 |
| 4 | 25055 | 14429 | 5.20 | 8.00 | 252 | 685 | 425 | 5575 | 20525 | 17600 | 782 | 720 | 3.3 | 2.3822 | 5618 | 59/41 |
| 5 | 25055 | 14630 | 5.20 | 7.90 | 252 | 788 | 425 | 5450 | 20525 | 18750 | 782 | 1000 | 3.3 | 2.3822 | 5088 | 58/42 |
| 6 | 25055 | 14626 | 5.20 | 8.10 | 252 | 457 | 425 | 5950 | 20525 | 21300 | 782 | 2140 | 3.3 | 2.3822 | 8480 | 64/36 |
| 7 | 25120 | 16374 | 5.20 | 8.00 | 425 | 204 | 1005 | 7100 | 24920 | 21440 | 490 | 5180 | 3.3 | 2.3822 | 10812 | 64/40 |
| 8 | 25120 | 16374 | 5.20 | 8.00 | 424 | 203 | 1003 | 7100 | 24921 | 21450 | 490 | 5180 | 3.3 | 2.3822 | 10812 | 60/40 |
| 9 | 25120 | 16921 | 5.20 | 7.90 | 424 | 222 | 1003 | 7250 | 24921 | 21050 | 490 | 4900 | 3.3 | 2.3822 | 10812 | 62/38 |
| 10 | 25120 | 17303 | 5.20 | 8.10 | 424 | 188 | 1003 | 7550 | 24921 | 23550 | 490 | 6180 | 3.3 | 2.3822 | 10812 | 64/36 |
| 11 | 25115 | 16440 | 5.20 | 8.00 | 431 | 171 | 997 | 7675 | 24831 | 22750 | 482 | 6020 | 3.3 | 2.3822 | 11024 | 60/40 |
| 12 | 25115 | 16077 | 5.20 | 8.30 | 431 | 188 | 997 | 6425 | 24831 | 21930 | 482 | 5800 | 3.3 | 2.3822 | 11024 | 60/40 |
| 13 | 25115 | 15520 | 5.20 | 8.40 | 431 | 188 | 997 | 6125 | 24831 | 20200 | 482 | 5880 | 3.3 | 2.3822 | 11024 | 61/39 |
| 14 | 25250 | 15477 | 5.30 | 8.4 | 430 | 188 | 1050 | 5825 | 24800 | 20300 | 482 | 4760 | 3.3 | 2.4012 | 10600 | 61/39 |
| 15 | 25250 | 15477 | 5.30 | 8.40 | 430 | 188 | 1050 | 5825 | 24800 | 20300 | 510 | 4760 | 3.3 | 2.4012 | 10600 | 61/39 |
| 16 | 25250 | 14776 | 5.30 | 8.10 | 430 | 171 | 1050 | 5975 | 24800 | 20650 | 510 | 4640 | 3.3 | 2.4012 | 10812 | 59/41 |
| 17 | 25250 | 14365 | 5.30 | 8.05 | 430 | 171 | 1050 | 6425 | 24800 | 20550 | 510 | 4500 | 3.3 | 2.4012 | 10070 | 65/35 |
| 18 | 25234 | 14170 | 5.25 | 8.00 | 441 | 145 | 972 | 6450 | 25100 | 20900 | 542 | 4080 | 3.3 | 2.4012 | 11024 | 63/37 |
| 19 | 25234 | 14179 | 5.25 | 8.05 | 441 | 180 | 972 | 6275 | 25100 | 20500 | 542 | 4320 | 3.3 | 2.4012 | 11024 | 63/37 |
| 20 | 25234 | 14351 | 5.25 | 8.10 | 441 | 162 | 972 | 6000 | 25100 | 19700 | 542 | 3500 | 3.3 | 2.4012 | 11024 | 63/37 |
| 21 | 24950 | 13888 | 5.10 | 8.10 | 441 | 162 | 970 | 5800 | 24700 | 19700 | 542 | 3500 | 3.3 | 2.3727 | 11024 | 63/37 |
| 22 | 24950 | 13888 | 5.10 | 8.00 | 500 | 188 | 970 | 5800 | 24700 | 19000 | 520 | 2660 | 3.3 | 2.4901 | 11024 | 63/37 |
| 23 | 24960 | 12545 | 5.10 | 8.00 | 500 | 180 | 970 | 5625 | 24700 | 18450 | 520 | 2400 | 3.3 | 2.3630 | 12720 | 62/38 |
| 24 | 24960 | 13278 | 5.10 | 8.00 | 500 | 188 | 970 | 5650 | 24700 | 17150 | 520 | 1920 | 3.3 | 2.3630 | 12720 | 66/34 |
| 25 | 24960 | 12782 | 5.10 | 8.10 | 488 | 171 | 990 | 5270 | 24932 | 16850 | 497 | 1520 | 3.3 | 2.3630 | 12120 | 65/35 |
| 26 | 24965 | 12818 | 5.10 | 7.90 | 488 | 205 | 990 | 5400 | 24932 | 16650 | 497 | 1640 | 3.3 | 2.3632 | 12120 | 67/33 |
| 27 | 24965 | 12790 | 5.10 | 8.20 | 488 | 164 | 990 | 5100 | 24932 | 17000 | 497 | 1340 | 3.3 | 2.3632 | 12120 | 66/34 |
| 28 | 24965 | 12808 | 5.10 | 8.20 | 488 | 162 | 990 | 5100 | 24900 | 17000 | 497 | 1340 | 3.3 | 2.3632 | 12190 | 66/34 |
| 29 | 24965 | 12808 | 5.10 | 8.20 | 525 | 171 | 960 | 5025 | 24710 | 16500 | 515 | 1080 | 3.3 | 2.3632 | 12190 | 66/34 |
| AVG | 24963 | 12987 | 5.10 | 8.05 | 498 | 180.7 | 978 | 5401 | 24800 | 17371 | 509 | 1794 | 3.30 | 2.3631 | 12144 | 65/35 |
| STD | 11.86 | 11.86 | 0 | 0.105 | 12.18 | 13.28 | 11.6 | 255 | 113.6 | 980 | 10.8 | 527 | 0 | 0.0051 | 523 | - |

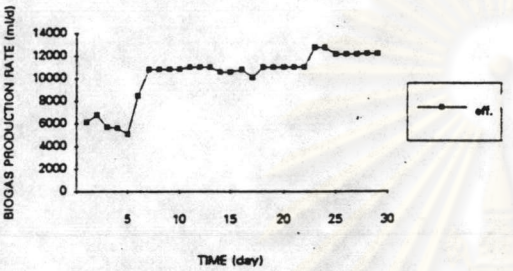
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณ 7 วันสุดท้าย



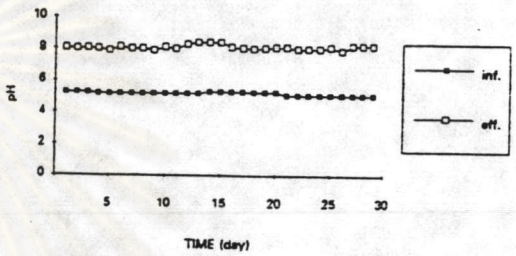

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



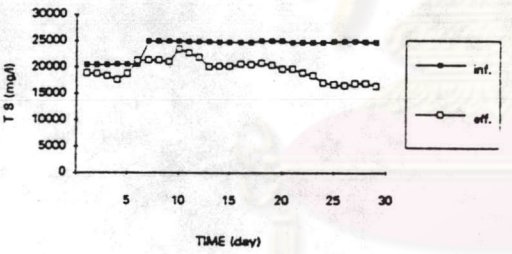

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี.(มก./ล.)



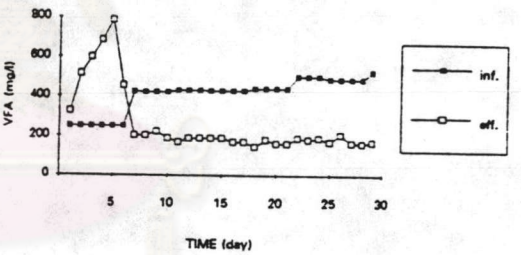

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



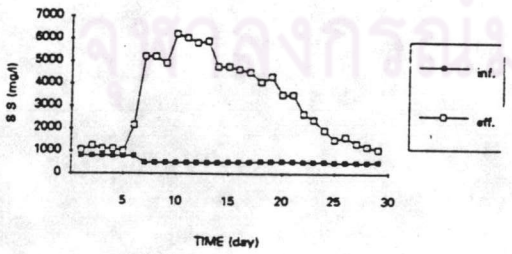

ค่าความเป็นกรดด่าง



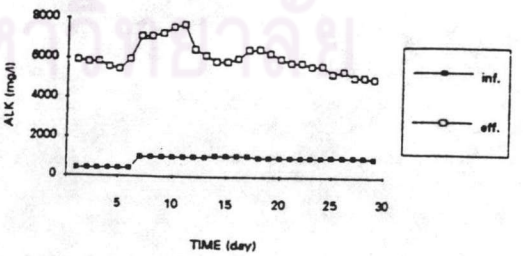

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)




ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

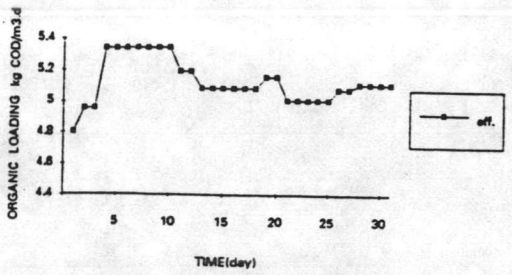
รูปที่ ค.2 ดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 2.36 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

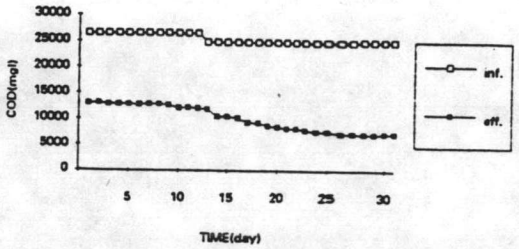
ตารางที่ ค.3 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 5.07 ก.ก.ซีโอดี/ม.3.วัน

| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/$m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / %$CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 26483 | 13060 | 4.80 | 8.1 | 881 | 308 | 1310 | 5075 | 26350 | 18450 | 1660 | 1510 | 6.3 | 4.8080 | 27336 | 65/35 |
| 2 | 26483 | 13130 | 4.80 | 8.0 | 881 | 462 | 1310 | 5350 | 26350 | 18850 | 1660 | 1580 | 6.5 | 4.9615 | 27744 | 65/35 |
| 3 | 26483 | 12842 | 4.80 | 8.0 | 881 | 257 | 1310 | 5225 | 26350 | 17750 | 1660 | 1170 | 6.5 | 4.9615 | 27744 | 65/35 |
| 4 | 26510 | 12840 | 4.80 | 8.0 | 890 | 248 | 1442 | 5225 | 26111 | 18050 | 1642 | 1190 | 7.0 | 5.3478 | 28356 | 65/35 |
| 5 | 26510 | 12880 | 4.80 | 8.1 | 890 | 240 | 1442 | 5150 | 26111 | 17750 | 1642 | 1210 | 7.0 | 5.3478 | 28356 | 64/36 |
| 6 | 26510 | 12780 | 4.80 | 8.1 | 890 | 231 | 1442 | 5325 | 26111 | 17350 | 1642 | 1320 | 7.0 | 5.3478 | 30600 | 63/37 |
| 7 | 26510 | 12838 | 4.80 | 8.1 | 890 | 231 | 1440 | 5320 | 26100 | 17300 | 1640 | 1200 | 7.0 | 5.3478 | 30600 | 63/37 |
| 8 | 26520 | 12838 | 4.80 | 8.1 | 890 | 214 | 1442 | 4950 | 26111 | 16300 | 1642 | 1200 | 7.0 | 5.3478 | 30600 | 63/37 |
| 9 | 26520 | 12689 | 4.80 | 8.0 | 845 | 214 | 1461 | 4950 | 25914 | 16300 | 1656 | 1170 | 7.0 | 5.3478 | 30600 | 64/36 |
| 10 | 26520 | 12069 | 4.80 | 8.0 | 845 | 222 | 1461 | 4700 | 25914 | 16100 | 1656 | 830 | 7.0 | 5.3478 | 29070 | 64/36 |
| 11 | 26520 | 12228 | 4.80 | 8.1 | 845 | 222 | 1461 | 4675 | 25914 | 16300 | 1656 | 910 | 6.8 | 5.1950 | 29274 | 65/35 |
| 12 | 26520 | 12117 | 4.80 | 8.0 | 845 | 214 | 1461 | 4650 | 25914 | 15800 | 1656 | 1050 | 6.8 | 5.1950 | 29784 | 65/35 |
| 13 | 24861 | 11866 | 4.80 | 8.8 | 857 | 240 | 1500 | 4600 | 25400 | 16100 | 1670 | 1140 | 7.1 | 5.0868 | 30952 | 65/35 |
| 14 | 24861 | 10572 | 4.80 | 7.8 | 857 | 241 | 1498 | 4661 | 25410 | 16110 | 1650 | 1100 | 7.1 | 5.0868 | 39220 | 64/36 |
| 15 | 24861 | 10572 | 4.80 | 7.9 | 857 | 222 | 1500 | 4900 | 25400 | 14050 | 1670 | 971 | 7.1 | 5.0868 | 39220 | 64/36 |
| 16 | 24861 | 10287 | 4.80 | 7.8 | 857 | 231 | 1500 | 4550 | 25400 | 14900 | 1670 | 1130 | 7.1 | 5.0868 | 39432 | 63/37 |
| 17 | 24853 | 9424 | 4.80 | 7.9 | 864 | 154 | 1445 | 4550 | 24950 | 15350 | 1670 | 1440 | 7.1 | 5.0868 | 38690 | 63/37 |
| 18 | 24853 | 9244 | 4.80 | 7.9 | 864 | 240 | 1445 | 5250 | 24950 | 14200 | 1732 | 1682 | 7.1 | 5.0868 | 39750 | 63/37 |
| 19 | 24853 | 8741 | 4.80 | 7.9 | 864 | 154 | 1445 | 5675 | 24950 | 14050 | 1732 | 850 | 7.2 | 5.1584 | 39750 | 63/37 |
| 20 | 24853 | 8544 | 4.80 | 8.2 | 864 | 154 | 1445 | 5175 | 24950 | 14050 | 1732 | 1100 | 7.2 | 5.1584 | 42824 | 64/36 |
| 21 | 24862 | 8290 | 4.80 | 8.2 | 860 | 155 | 1450 | 5170 | 24900 | 14050 | 1730 | 1150 | 7.0 | 5.0086 | 40492 | 65/36 |
| 22 | 24826 | 8290 | 4.95 | 8.2 | 870 | 145 | 1350 | 5050 | 25101 | 13650 | 1732 | 800 | 7.0 | 5.0086 | 40492 | 65/35 |
| 23 | 24826 | 7920 | 4.95 | 8.2 | 870 | 180 | 1350 | 5150 | 25101 | 13600 | 1620 | 1170 | 7.0 | 5.0086 | 44520 | 63/37 |
| 24 | 24826 | 7625 | 4.95 | 8.2 | 870 | 214 | 1350 | 5100 | 25101 | 12500 | 1620 | 1100 | 7.0 | 5.0086 | 45050 | 63/37 |
| 25 | 24833 | 7589 | 4.90 | 8.25 | 865 | 107 | 1251 | 5100 | 24450 | 13050 | 1620 | 820 | 7.0 | 5.0086 | 45686 | 64/36 |
| 26 | 24833 | 7190 | 4.90 | 8.25 | 865 | 167 | 1251 | 5200 | 24450 | 13050 | 1595 | 1500 | 7.1 | 5.0796 | 45686 | 63/37 |
| 27 | 24833 | 7178 | 4.90 | 8.25 | 865 | 214 | 1251 | 5250 | 24450 | 12600 | 1595 | 820 | 7.1 | 5.0796 | 45580 | 63/37 |
| 28 | 24995 | 7135 | 4.90 | 8.4 | 860 | 215 | 1255 | 5260 | 24450 | 12700 | 1590 | 810 | 7.1 | 5.1142 | 45686 | 62/38 |
| 29 | 24995 | 7135 | 4.90 | 8.4 | 860 | 220 | 1401 | 5225 | 25335 | 12600 | 1610 | 580 | 7.1 | 5.1142 | 45686 | 62/38 |
| 30 | 24995 | 7194 | 4.90 | 8.4 | 860 | 231 | 1401 | 5335 | 25335 | 12750 | 1610 | 841 | 7.1 | 5.1142 | 45686 | 62/38 |
| 31 | 24995 | 7199 | 4.90 | 8.4 | 860 | 257 | 1401 | 5350 | 25335 | 12200 | 1610 | 500 | 7.1 | 5.1142 | 45686 | 62/38 |
| AVG | 24901 | 7301 | 4.90 | 8.35 | 863 | 201 | 1329 | 5225 | 24922 | 12672 | 880 | 880 | 7.08 | 5.0740 | 45580 | 62/38 |
| STD | 16.35 | 81.06 | 194 | 0 | 0.083 | 3.49 | 45.8 | 69.94 | 95.43 | 416 | 273 | 310 | 310 | 0.045 | 0.044 | 219 |

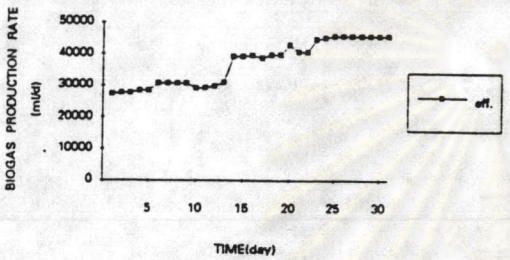
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวน 7 วันสุดท้าย



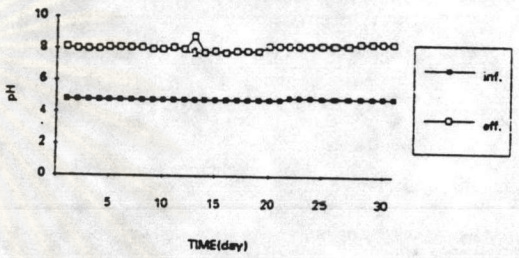

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



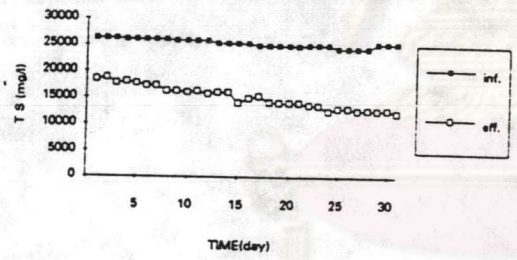

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี.(มก./ล.)



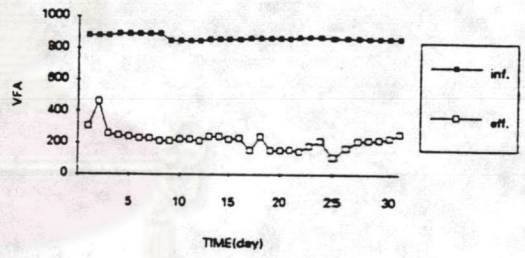

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



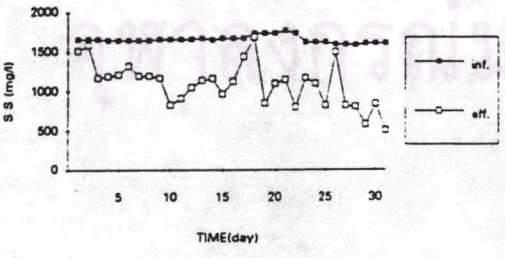

ค่าความเป็นกรดด่าง



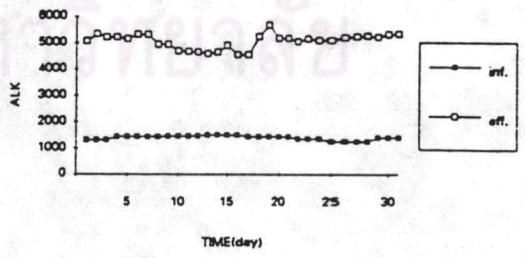

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)



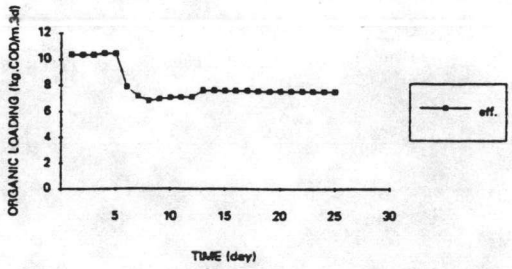

ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

รูปที่ ค.3 ตรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 5.07 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

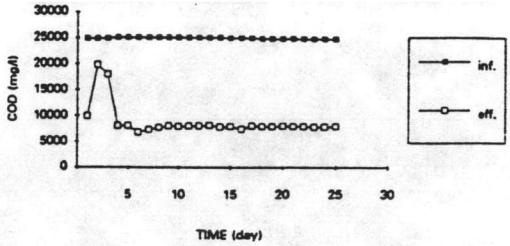
ตารางที่ ค.4 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 7.53 ก.ก.ซีโอดี/ม 3.วัน

| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/ $m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / %$CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 24826 | 9965 | 4.95 | 8.20 | 857 | 480 | 1350 | 5350 | 25400 | 13700 | 1620 | 2650 | 14.5 | 10.3739 | 72080 | 62/38 |
| 2 | 24826 | 19844 | 4.95 | 8.20 | 857 | 314 | 1350 | 6725 | 25400 | 25950 | 1620 | 15140 | 14.5 | 10.3739 | 76850 | 60/40 |
| 3 | 24826 | 17918 | 4.95 | 8.20 | 857 | 377 | 1350 | 6650 | 25400 | 24300 | 1620 | 13560 | 14.5 | 10.3739 | 76850 | 60/40 |
| 4 | 25081 | 8000 | 4.95 | 8.20 | 857 | 377 | 1350 | 6650 | 25410 | 24310 | 1622 | 13565 | 14.5 | 10.4850 | 67840 | 58/42 |
| 5 | 25081 | 8000 | 4.9 | 8.10 | 852 | 360 | 1550 | 6750 | 25950 | 13750 | 850 | 2450 | 14.5 | 10.4805 | 67840 | 58/42 |
| 6 | 25081 | 6816 | 4.9 | 8.20 | 852 | 162 | 1550 | 4850 | 25950 | 11500 | 850 | 900 | 14.5 | 7.9507 | 56922 | 60/40 |
| 7 | 25081 | 7267 | 4.9 | 8.14 | 852 | 188 | 1550 | 4900 | 25950 | 12450 | 850 | 800 | 11.0 | 7.2279 | 60102 | 58/42 |
| 8 | 25020 | 7759 | 4.9 | 8.14 | 880 | 248 | 1490 | 4955 | 25410 | 12150 | 866 | 710 | 10.0 | 6.8498 | 59042 | 60/40 |
| 9 | 25020 | 8006 | 4.9 | 8.14 | 880 | 214 | 1490 | 5250 | 25410 | 12950 | 866 | 620 | 9.50 | 6.9940 | 63282 | 60/40 |
| 10 | 25020 | 7897 | 4.9 | 8.14 | 880 | 222 | 1490 | 5125 | 25410 | 12700 | 866 | 850 | 9.70 | 7.0661 | 64130 | 62/38 |
| 11 | 25110 | 7996 | 4.9 | 8.14 | 880 | 220 | 1450 | 5100 | 25400 | 12710 | 870 | 860 | 9.80 | 7.0915 | 64130 | 62/36 |
| 12 | 25110 | 7996 | 4.95 | 8.14 | 890 | 205 | 1453 | 5075 | 25050 | 13000 | 890 | 710 | 9.80 | 7.0915 | 64130 | 62/38 |
| 13 | 25110 | 8121 | 4.95 | 8.20 | 890 | 257 | 1453 | 5250 | 25050 | 12850 | 890 | 770 | 10.5 | 7.5981 | 59890 | 61/39 |
| 14 | 25110 | 7827 | 4.95 | 8.00 | 890 | 188 | 1453 | 5200 | 25050 | 11050 | 890 | 770 | 10.5 | 7.5981 | 59360 | 61/39 |
| 15 | 24972 | 7891 | 4.9 | 8.20 | 875 | 188 | 1390 | 4500 | 25011 | 12900 | 910 | 790 | 10.5 | 7.5563 | 58830 | 61/39 |
| 16 | 24972 | 7425 | 4.9 | 8.10 | 875 | 240 | 1390 | 4550 | 25011 | 12750 | 910 | 580 | 10.5 | 7.5563 | 58300 | 61/39 |
| 17 | 24972 | 7999 | 4.9 | 7.75 | 875 | 210 | 1390 | 4650 | 25011 | 12800 | 910 | 1440 | 10.5 | 7.5563 | 58512 | 61/39 |
| 18 | 24861 | 7968 | 4.90 | 7.70 | 870 | 210 | 1350 | 4600 | 25010 | 12800 | 900 | 1450 | 10.5 | 7.5227 | 58300 | 59/41 |
| 19 | 24861 | 7968 | 4.80 | 7.85 | 857 | 222 | 1200 | 4850 | 24900 | 12750 | 1460 | 1460 | 10.5 | 7.5227 | 58300 | 59/41 |
| 20 | 24861 | 7991 | 4.80 | 7.80 | 857 | 211 | 1200 | 4628 | 24900 | 13010 | 1460 | 1577 | 10.5 | 7.5227 | 59360 | 59/41 |
| 21 | 24861 | 7922 | 4.80 | 7.80 | 857 | 230 | 1200 | 4711 | 24900 | 12800 | 1460 | 1310 | 10.5 | 7.5227 | 59360 | 61/39 |
| 22 | 24861 | 7892 | 4.80 | 7.80 | 857 | 188 | 1200 | 4522 | 24900 | 11970 | 1460 | 1012 | 10.5 | 7.5227 | 59360 | 61/39 |
| 23 | 24888 | 7880 | 4.80 | 8.00 | 889 | 214 | 1191 | 4613 | 24511 | 11500 | 1501 | 680 | 10.5 | 7.5309 | 58830 | 61/39 |
| 24 | 24888 | 7850 | 4.80 | 8.10 | 889 | 205 | 1191 | 5110 | 24511 | 11484 | 1501 | 798 | 10.5 | 7.5309 | 58512 | 61/39 |
| 25 | 24888 | 7911 | 4.80 | 7.90 | 889 | 240 | 1191 | 4901 | 24511 | 12120 | 1501 | 1120 | 10.5 | 7.5309 | 58512 | 61/39 |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVG | 24874 | 7926 | 4.80 | 7.89 | 870 | 215 | 1196 | 4762 | 24770 | 12233 | 1480 | 1136 | 10.5 | 7.5262 | 58936 | 60/40 |
| STD | 13.5 | 50.74 | 0 | 0.109 | 15.83 | 15.77 | 4.45 | 118.4 | 183.3 | 582 | 20.5 | 308.8 | 0 | 0.004 | 404.6 | - |

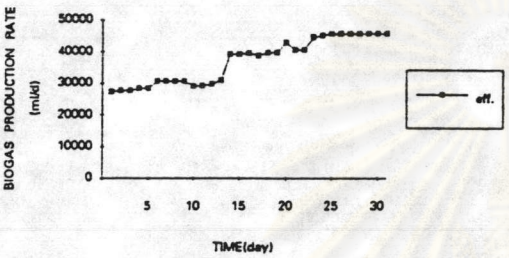
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณ 7 วันสุดท้าย



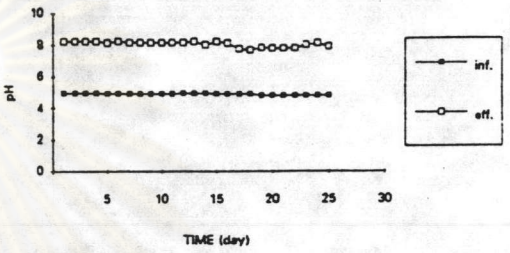

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



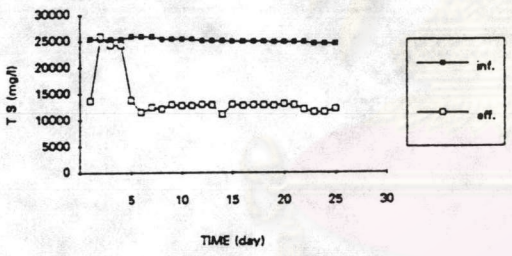

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี. (มก./ล.)



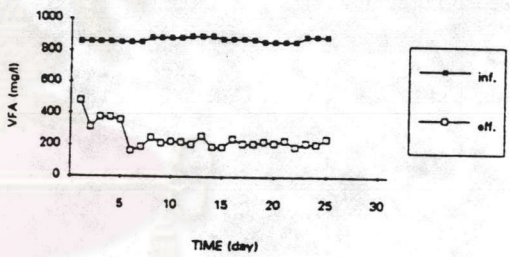

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



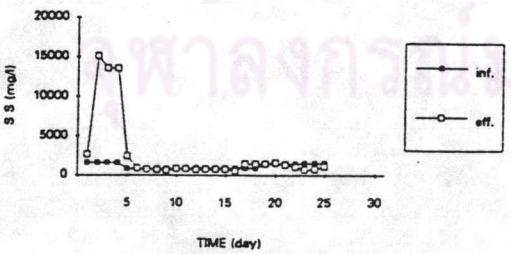

ค่าความเป็นกรดด่าง



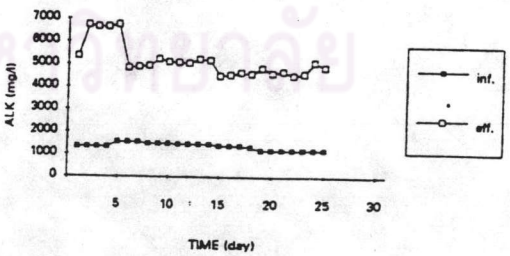

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)




ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

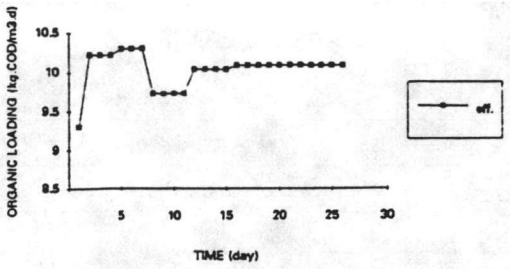
รูปที่ ค.4 ดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 7.53 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

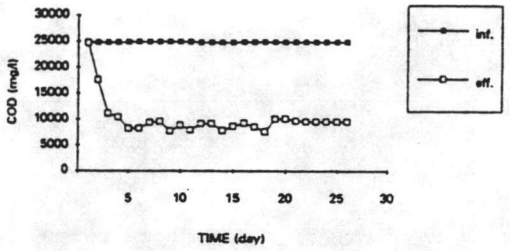
ตารางที่ ค.5 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 10.08 กก.ซีโอดี/ม.3วัน

| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/$m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / %$CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 24821 | 24728 | 4.8 | 8.00 | 857 | 128 | 1200 | 7200 | 24900 | 24500 | 1460 | 19880 | 13 | 9.2989 | 68264 | 58/42 |
| 2 | 24821 | 17663 | 4.8 | 8.30 | 857 | 205 | 1200 | 6100 | 24900 | 24850 | 1460 | 11860 | 14.3 | 10.2288 | 72010 | 59/41 |
| 3 | 24821 | 11177 | 4.8 | 8.40 | 857 | 162 | 1200 | 5150 | 24900 | 14650 | 1460 | 2410 | 14.3 | 10.2288 | 74626 | 58/42 |
| 4 | 24821 | 10462 | 4.8 | 8.20 | 857 | 188 | 1200 | 5125 | 24900 | 15300 | 1460 | 2790 | 14.3 | 10.2288 | 74200 | 59/41 |
| 5 | 24995 | 8249 | 4.8 | 8.2 | 850 | 190 | 1220 | 4900 | 24910 | 15100 | 1460 | 2780 | 14.3 | 10.3021 | 73882 | 57/43 |
| 6 | 24999 | 8249 | 4.8 | 8.40 | 660 | 154 | 1250 | 4400 | 23850 | 12750 | 1430 | 1680 | 14.3 | 10.3021 | 73882 | 57/43 |
| 7 | 24999 | 9426 | 4.8 | 8.20 | 660 | 245 | 1250 | 3550 | 23850 | 14650 | 1430 | 3226 | 14.3 | 10.3021 | 63388 | 60/40 |
| 8 | 24999 | 9637 | 4.8 | 8.20 | 660 | 300 | 1250 | 5225 | 23850 | 13540 | 1430 | 1064 | 13.5 | 9.7252 | 70172 | 60/40 |
| 9 | 24985 | 7773 | 4.8 | 8.00 | 710 | 205 | 1224 | 5850 | 24100 | 13440 | 1451 | 2510 | 13.5 | 9.7203 | 70278 | 60/40 |
| 10 | 24985 | 8890 | 4.8 | 8.00 | 710 | 197 | 1224 | 5825 | 24100 | 15122 | 1451 | 3284 | 13.5 | 9.7203 | 69960 | 63/37 |
| 11 | 24985 | 7968 | 4.8 | 8.20 | 710 | 154 | 1224 | 4175 | 24100 | 13250 | 1451 | 1410 | 13.5 | 9.7203 | 71762 | 63/37 |
| 12 | 24859 | 9140 | 4.8 | 8.20 | 710 | 154 | 1224 | 4175 | 2400 | 13200 | 1450 | 1400 | 14.6 | 10.0295 | 75620 | 62/38 |
| 13 | 24859 | 9140 | 4.8 | 8.20 | 672 | 188 | 1200 | 4500 | 24010 | 14350 | 1446 | 3080 | 14.6 | 10.0295 | 75620 | 62/38 |
| 14 | 24859 | 7882 | 4.8 | 8.20 | 672 | 205 | 1200 | 4450 | 24010 | 11750 | 1446 | 1730 | 14.0 | 10.0295 | 66780 | 60/40 |
| 15 | 24859 | 8666 | 4.8 | 8.10 | 672 | 197 | 1200 | 4575 | 24010 | 13800 | 1446 | 2040 | 14.0 | 10.0295 | 67735 | 61/39 |
| 16 | 25010 | 9294 | 4.8 | 8.20 | 665 | 428 | 1215 | 4600 | 24020 | 14050 | 1471 | 2260 | 14.0 | 10.0904 | 68370 | 63/37 |
| 17 | 25010 | 8549 | 4.8 | 8.10 | 665 | 231 | 1215 | 4375 | 24020 | 13200 | 1471 | 1560 | 14.0 | 10.0904 | 70808 | 63/37 |
| 18 | 25010 | 7639 | 4.8 | 8.20 | 665 | 240 | 1215 | 4475 | 24020 | 12350 | 1471 | 1860 | 14.0 | 10.0904 | 68900 | 63/37 |
| 19 | 24998 | 10095 | 4.8 | 8.00 | 660 | 250 | 1250 | 4470 | 24010 | 12510 | 1471 | 4400 | 14.0 | 10.0856 | 74200 | 62/38 |
| 20 | 24998 | 10095 | 4.8 | 8.00 | 872 | 180 | 1311 | 4550 | 24150 | 14900 | 1410 | 4440 | 14.0 | 10.0856 | 74200 | 62/38 |
| 21 | 24998 | 9752 | 4.8 | 8.10 | 872 | 180 | 1311 | 4600 | 24150 | 13200 | 1410 | 4600 | 14.0 | 10.0856 | 71020 | 62/38 |
| 22 | 24998 | 9591 | 4.8 | 8.10 | 872 | 199 | 1311 | 4451 | 24150 | 13511 | 1410 | 4100 | 14.0 | 10.0856 | 72010 | 62/38 |
| 23 | 24990 | 9571 | 4.8 | 8.00 | 771 | 211 | 1410 | 4550 | 24420 | 13821 | 1431 | 3822 | 14.0 | 10.0824 | 68900 | 62/38 |
| 24 | 24990 | 9594 | 4.8 | 8.00 | 771 | 232 | 1410 | 4771 | 24420 | 14111 | 1431 | 3915 | 14.0 | 10.0824 | 70808 | 63/37 |
| 25 | 24990 | 9587 | 4.8 | 8.10 | 771 | 199 | 1410 | 4622 | 24420 | 13812 | 1431 | 4550 | 14.0 | 10.0824 | 71762 | 62/38 |
| 26 | 24990 | 9590 | 4.8 | 8.00 | 771 | 205 | 1410 | 4451 | 24420 | 13500 | 1431 | 4100 | 14.0 | 10.0824 | 69960 | 62/38 |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVG | 24993 | 9682 | 4.80 | 8.04 | 814 | 200 | 1367 | 4570 | 24304 | 13836 | 1422 | 4146 | 14.0 | 10.0837 | 71237 | 62/38 |
| STD | 3.960 | 177.2 | 0 | 0.494 | 49.98 | 16.76 | 48.99 | 102.2 | 133.6 | 511.5 | 10.39 | 257 | 0 | 0.0015 | 1557 | - |

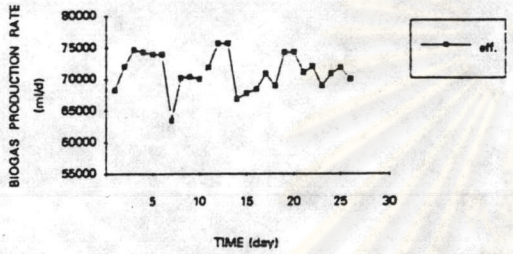
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณ 7 วันสุดท้าย



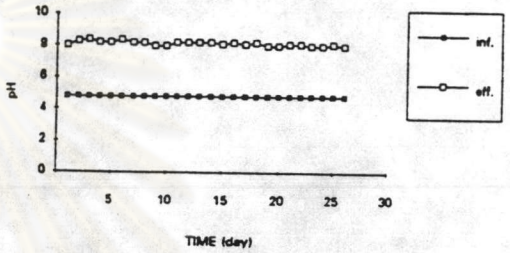

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



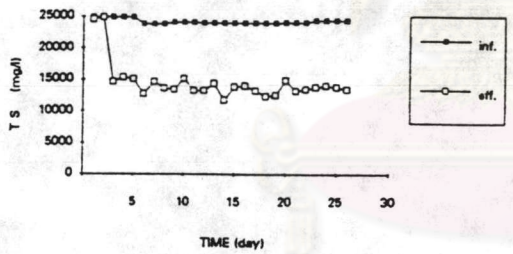

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี. (มก./ล.)



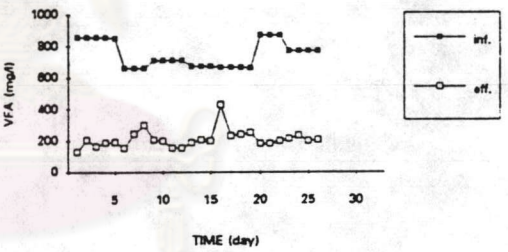

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



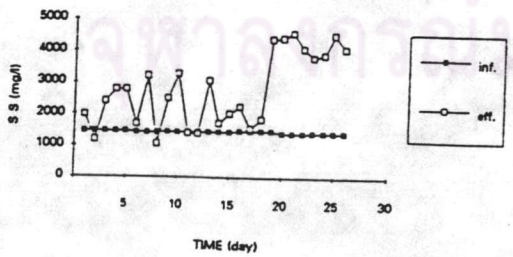

ค่าความเป็นกรดด่าง



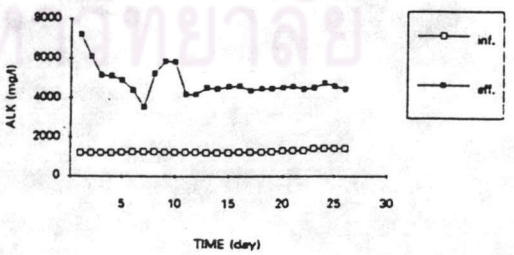

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)



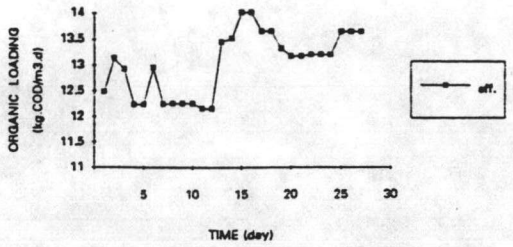

ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

รูปที่ ค.5 ดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 10.08 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

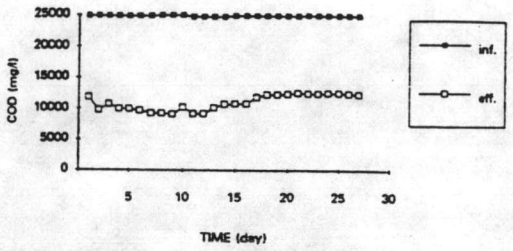
ตารางที่ ค 6 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 13.17 ก.ก.ซีโอดี/ม.3 วัน

| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/$m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / $\%CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 24900 | 11804 | 4.6 | 8.10 | 840 | 222 | 1125 | 4450 | 24250 | 11550 | 1410 | 3770 | 17.4 | 12.4858 | 77168 | 67/33 |
| 2 | 24900 | 9774 | 4.6 | 8.00 | 840 | 222 | 1125 | 5025 | 24250 | 14250 | 1410 | 2510 | 18.3 | 13.1317 | 71656 | 67/33 |
| 3 | 24900 | 10731 | 4.6 | 8.00 | 840 | 240 | 1125 | 5100 | 24250 | 15000 | 1410 | 3500 | 18.0 | 12.9164 | 87450 | 60/40 |
| 4 | 24920 | 9926 | 4.6 | 8.00 | 850 | 250 | 1130 | 5100 | 24250 | 15010 | 1420 | 3600 | 17.0 | 12.2086 | 89252 | 60/40 |
| 5 | 24920 | 9926 | 4.6 | 8.00 | 800 | 231 | 1101 | 4850 | 24500 | 14750 | 1351 | 3860 | 17.0 | 12.2086 | 89252 | 60/40 |
| 6 | 24920 | 9627 | 4.6 | 8.00 | 800 | 214 | 1101 | 4000 | 24500 | 14900 | 1351 | 3400 | 18.0 | 12.9268 | 95400 | 60/40 |
| 7 | 24920 | 9189 | 4.6 | 8.05 | 800 | 214 | 1101 | 4200 | 24500 | 14000 | 1351 | 3300 | 17.0 | 12.2086 | 90312 | 60/40 |
| 8 | 24955 | 9205 | 4.6 | 8.10 | 777 | 214 | 1051 | 4350 | 23900 | 13450 | 1279 | 3090 | 17.0 | 12.2257 | 87980 | 61/39 |
| 9 | 24955 | 9033 | 4.6 | 8.10 | 777 | 240 | 1051 | 4350 | 23900 | 13600 | 1279 | 3030 | 17.0 | 12.2257 | 90100 | 60/40 |
| 10 | 24955 | 10193 | 4.6 | 8.10 | 777 | 237 | 1051 | 4350 | 23900 | 13250 | 1279 | 3100 | 17.0 | 12.2257 | 89040 | 58/42 |
| 11 | 24750 | 9108 | 4.7 | 8.10 | 700 | 230 | 1050 | 4300 | 23950 | 13200 | 1270 | 3105 | 17.0 | 12.1250 | 98560 | 58/42 |
| 12 | 24750 | 9108 | 4.7 | 8.20 | 617 | 222 | 1025 | 4575 | 24250 | 14700 | 1040 | 3570 | 17.0 | 12.1253 | 98560 | 58/42 |
| 13 | 24750 | 10082 | 4.7 | 8.20 | 617 | 288 | 1025 | 4175 | 24250 | 14300 | 1040 | 3370 | 18.8 | 13.4092 | 96036 | 58/42 |
| 14 | 24750 | 10666 | 4.7 | 8.30 | 617 | 314 | 1025 | 3575 | 24250 | 13800 | 1040 | 2460 | 18.9 | 13.4805 | 101760 | 58/42 |
| 15 | 24890 | 10800 | 4.7 | 8.20 | 623 | 317 | 975 | 3700 | 24511 | 13750 | 1151 | 2680 | 19.5 | 13.9871 | 101336 | 85/42 |
| 16 | 24890 | 10823 | 4.7 | 8.10 | 623 | 314 | 975 | 3750 | 24511 | 14900 | 1151 | 3750 | 19.5 | 13.9871 | 102290 | 58/42 |
| 17 | 24890 | 11835 | 4.7 | 8.00 | 623 | 333 | 975 | 3220 | 24511 | 13000 | 1151 | 3075 | 19.0 | 13.6285 | 93280 | 58/42 |
| 18 | 24933 | 12314 | 4.7 | 8.00 | 620 | 350 | 970 | 3110 | 24500 | 13100 | 1151 | 3075 | 19.0 | 13.6285 | 93280 | 57/43 |
| 19 | 24933 | 12314 | 4.5 | 8.00 | 725 | 380 | 857 | 3125 | 22500 | 13400 | 780 | 3280 | 18.5 | 13.2928 | 93280 | 57/43 |
| 20 | 24933 | 12319 | 4.5 | 8.00 | 725 | 397 | 857 | 3075 | 22500 | 13100 | 780 | 3690 | 18.5 | 13.1491 | 93492 | 57/43 |
| 21 | 24933 | 12501 | 4.5 | 8.00 | 725 | 401 | 857 | 3125 | 22500 | 14400 | 780 | 4680 | 18.3 | 13.1491 | 93810 | 57/43 |
| 22 | 24997 | 12428 | 4.5 | 8.00 | 780 | 411 | 886 | 3100 | 24611 | 14500 | 1050 | 3880 | 18.3 | 13.1828 | 90312 | 57/43 |
| 23 | 24997 | 12433 | 4.5 | 8.00 | 780 | 395 | 886 | 3010 | 24611 | 14200 | 1050 | 4112 | 18.3 | 13.1828 | 90322 | 57/43 |
| 24 | 24997 | 12525 | 4.5 | 7.90 | 780 | 415 | 886 | 2925 | 24611 | 14225 | 1050 | 4380 | 18.3 | 13.1828 | 90312 | 57/43 |
| 25 | 24985 | 12525 | 4.6 | 7.90 | 780 | 415 | 880 | 2950 | 24611 | 14225 | 1050 | 4390 | 18.3 | 13.61767 | 90312 | 57/43 |
| 26 | 24985 | 12410 | 4.6 | 8.00 | 778 | 405 | 914 | 2950 | 24353 | 14500 | 1105 | 4170 | 18.3 | 13.61767 | 90312 | 57/43 |
| 27 | 24985 | 12399 | 4.6 | 8.00 | 778 | 401 | 914 | 30000 | 24353 | 14412 | 1105 | 4150 | 18.3 | 13.61765 | 93810 | 57/43 |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVG | 24975 | 12430 | 4.52 | 8.00 | 763 | 403 | 885 | 3008 | 2393 | 14176 | 988 | 4151 | 18.3 | 13.1720 | 91765 | 57/43 |
| STD | 27.2 | 62.97 | 0.037 | 0 | 24.49 | 6.73 | 21.54 | 62.16 | 912.9 | 493 | 133 | 297 | 0 | 0.0135 | 1681 | - |

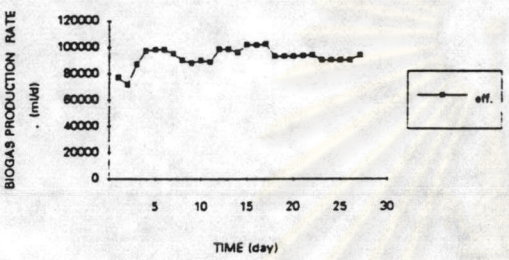
หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณ 7 วัน สุดท้าย



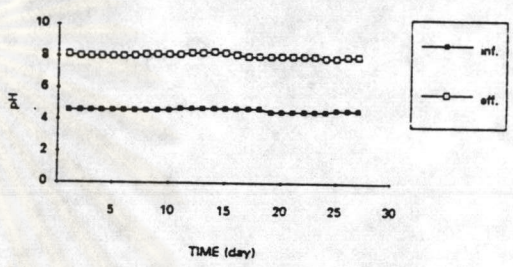

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



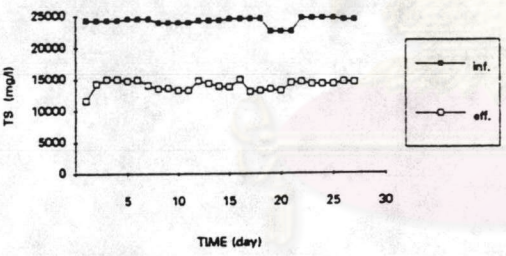

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี.(มก./ล.)



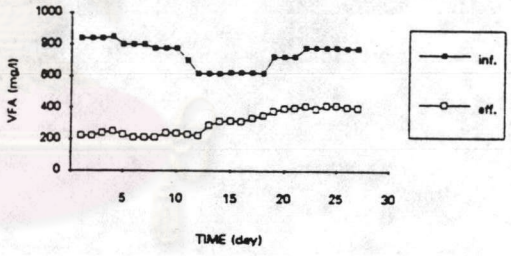

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



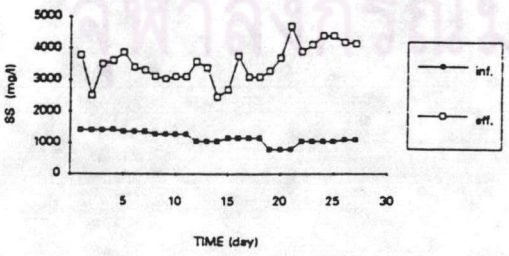

ค่าความเป็นกรดด่าง



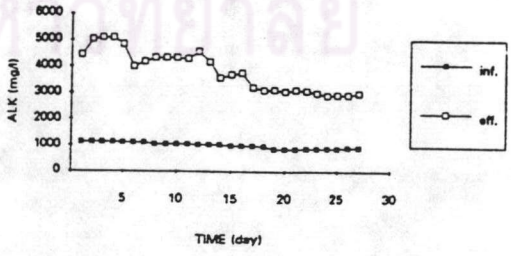

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)




ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

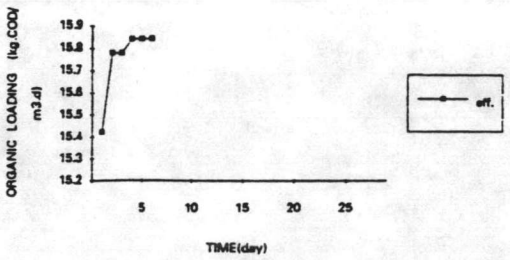
รูปที่ ค.6 ดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 13.17 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ ค.7 ข้อมูลการทดลองที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 15.75 ก.ก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน

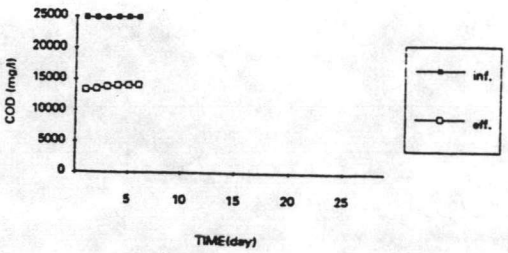
| Day | COD mg/l | | pH | | VFA | | ALK | | Total Solid mg/l | | Suspended Solid | | Flow rate l/day | Organic Loading kgCOD/ $m^3$d | Biogas Production rate ml/d | % Methane & other / %$CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | in | eff | | | | |
| 1 | 24889 | 13330 | 4.5 | 7.9 | 850 | 446 | 760 | 2901 | 22500 | 14511 | 770 | 4445 | 21.5 | 15.4210 | 89570 | 57/43 |
| 2 | 24889 | 13515 | 4.5 | 7.9 | 850 | 487 | 760 | 2881 | 22500 | 14501 | 770 | 4232 | 22.0 | 15.7797 | 89252 | 56/44 |
| 3 | 24889 | 13812 | 4.5 | 7.8 | 850 | 501 | 760 | 2799 | 22500 | 14321 | 770 | 4011 | 22.0 | 15.7797 | 87450 | 56/44 |
| 4 | 24985 | 14010 | 4.6 | 7.8 | 775 | 499 | 810 | 2677 | 21742 | 14666 | 1042 | 4002 | 22.0 | 15.8406 | 77168 | 56/44 |
| 5 | 24985 | 13992 | 4.6 | 7.8 | 775 | 525 | 810 | 270 | 21742 | 14233 | 1042 | 3501 | 22.0 | 15.8406 | 78887 | 56/44 |
| 6 | 24985 | 14100 | 4.6 | 7.8 | 775 | 550 | 810 | 2650 | 21742 | 14200 | 1042 | 3006 | 22.0 | 15.8406 | 80100 | 57/35 |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVG | 24937 | 13793 | 4.57 | 7.83 | 805 | 493 | 785 | 2768 | 11705 | 906 | 3866 | 21.91 | 15.75 | 83737 | 56/44 | |
| STD | 48 | 280 | 0.075 | 0.047 | 36.74 | 40.24 | 25 | 98.52 | 166 | 136 | 479 | 0.186 | 1.1497 | 5133 | - | |

หมายเหตุ AVG และ STD คำนวณ 7 วันสุดท้าย

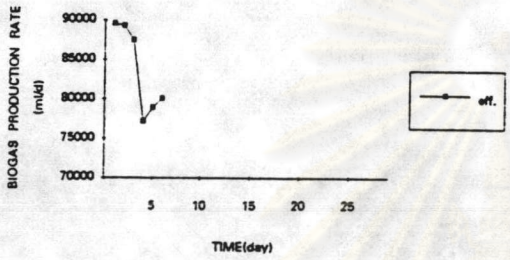
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



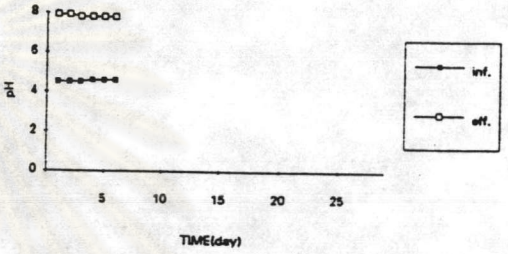

อัตราป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน)



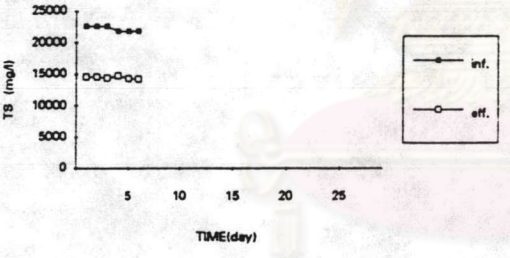

ปริมาณสารอินทรีย์ ซีโอดี.(มก./ล.)



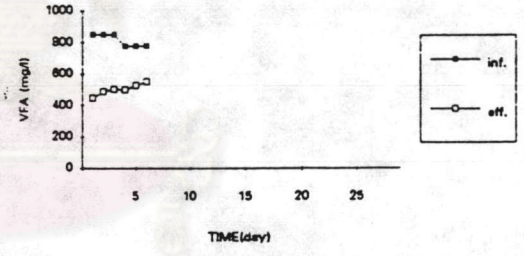

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)



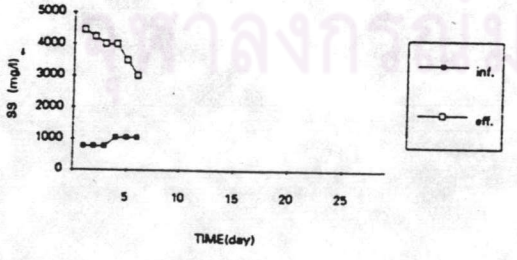

ค่าความเป็นกรดด่าง



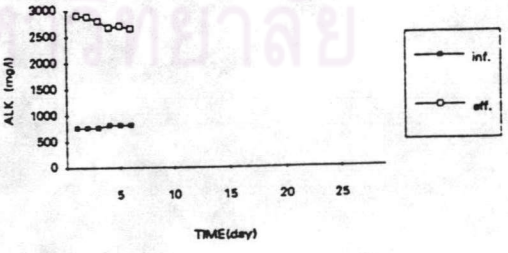

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)




ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (มก./ล.)




ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)




ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.)

รูปที่ ค.7 ดรรชนีต่างๆของระบบหมักทดลองยูบีเอฟที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ 15.75 กก.ซีโอดี/ม$^3$.วัน ที่เวลาต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.8 การเปลี่ยนแปลง $OD_{475}$ ของระยะเวลาเก็บตัวอย่างน้ำกากส่าที่ผ่านระบบบำบัดเคมีไฟฟ้า (ชม.)ต่างๆที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ ก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่

| เวลาเก็บกัก (ชม.) / เวลาเก็บตัวอย่าง (ชม.) | 4 | 2 | 1 | 0.66 | 0.5 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $OD_{475}$ | | | | | |
| 0 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 |
| 0.5 | 0.081 | 0.124 | 0.167 | 0.180 | 0.220 | 0.452 |
| 1 | 0.060 | 0.057 | 0.116 | 0.117 | 0.153 | 0.382 |
| 2 | 0.039 | 0.045 | 0.060 | 0.102 | 0.136 | 0.329 |
| 3 | 0.030 | 0.042 | 0.054 | 0.090 | 0.126 | 0.290 |
| 4 | 0.030 | 0.042 | 0.054 | 0.090 | 0.126 | 0.290 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.9 การเปลี่ยนแปลง $OD_{475}$ ของระยะเวลาเก็บตัวอย่างน้ำกากส่าที่ผ่านระบบบำบัดเคมีไฟฟ้า(ชม.)ต่างๆที่ค่ากระแสไฟฟ้า(แอมแปร์)ต่างๆก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่ (เวลาเก็บกักคงที่ 0.66 ชม.)

| กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) / เวลาเก็บตัวอย่าง (ชม.) | 30 | 24.5 | 19 | 12.5 | 5.5 |
|---|---|---|---|---|---|
| | $OD_{475}$ | | | | |
| 0 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 |
| 0.5 | 0.180 | 0.189 | 0.259 | 0.761 | 0.888 |
| 1 | 0.117 | 0.128 | 0.195 | 0.626 | 0.888 |
| 2 | 0.102 | 0.131 | 0.175 | 0.517 | 0.888 |
| 3 | 0.090 | 0.130 | 0.170 | 0.498 | 0.888 |
| 4 | 0.090 | 0.130 | 0.170 | 0.498 | 0.888 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียน

นายอานนท์ ดุษฎีพรรณ์ เกิดวันที่ 23 มีนาคม 2494 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2518 ทำงานด้านโรงงานอุตสาหกรรมสุรามาตลอด เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2534

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย