เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

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

จารุวรรณ หวะสุวรรณ. 2532. การกำจัดและการใช้ประโยชน์น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังโดยใช้บัคเตรีลังเคราะห์แสง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงพร ธนารักษ์พงศ์. 2525. การใช้น้ำทิ้งสับปะรดเข้มข้นเลี้ยงเชื้อ *Rhodopreudomonas sp.* เพื่อใช้เป็นอาหารโปรตีน รงควัตถุ และวิตามินบี 12. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

———— , นภา โล่ห์ทอง และ นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์. 1982. การคัดเลือกสายพันธุ์ *Rhodopseudomonas spp.* เพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนโดยใช้น้ำทิ้งสับปะรดที่ผ่านการทำให้เข้มข้น. KMITT , Research and Delvelopment Bulletin. 5(50):50-74.

ทวี จินดธรรม. 2537. เป้าหมายส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารทะเลปี'37. สัตว์น้ำ. 5(56): 99-101.

ทัศนีย์ โล้หนู. 2533. การเพาะเลี้ยงบัคเตรีลังเคราะห์แสงในกรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่ผลิตจากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

เพชรงาม เดชวรรณลิทธิ์. 2535. ผลของความเข้มข้นซีโอดีที่เข้าระบบต่อการกำจัดฟอสฟอรัสในกระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิค-แอโรบิค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวคน์. 2523. การออกแบบขั้นขบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา. เล่มที่ 1 ความรู้พื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม,กอง. 2528. มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

วรรณา วงค์กรเชาวลิต. 2528. การเจริญของบักเตรีลังเคราะห์แสงในน้ำคั้นเปลือกและแกนลับปะรด และ คักยภาพในการใช้เป็นอาหารปลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรินทร์ วิโทกษ์ลันถว์, เจมส์ เอ. โอลลัน, ยงยุทธ ยุทธวงค์, สุวิทย์ เพียรกิจกรรม, สกล พันธุ์ยิ้ม และ มนตรี จุฬาวัฒนกุล. 2523. ชีวเคมี (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพมหานคร: ศ.ล. การพิมพ์.

สุรพล สายพานิช. 2528. พื้นฐานการควบคุมการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง. เอกสารการอบรมเรื่องการปฏิบัติงานประจำเครื่องระบบป้องกันมลพิษ. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยร่วมกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม.

————.2531. การออกแบบและการควบคุมการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางวิชาการเรื่องน้ำเสีย. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยร่วมกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม.

สุเมธ ชวเดช. 2530. เอกสารประกอบคำบรรยาย เรื่องระบบหมักแก๊สชีวภาพแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (อัดสำเนา)

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

องอาจ ทิวะหุต. 2536. อาหารทะเลแช่แข็ง. เศรษฐกิจรายเดือน. ปีที่ 6 (2) : 2-5.

ภาษาอังกฤษ

Aiking,H. ,and Sojka,G. 1979. Response of *Rhodopseudomonas capsulata* to illumination and growth rate in a light-limited continuous culture. J. Bacteriol. 139 : 530-536.

American Public Health Association (APHA). 1989. American Water Work Association and Water Polution Control Federation. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. Newyork : APHA Inc.

Bregoff,H.M. ,and Kamen,M.D. 1952. Studies on the metabolism of photosynthetic bacteria XIV. Quantitative relations between malate dissimilation, photoproduction of hydrogen, and nitrogen metabolism in *Rhodospirillum rubrum*. Arch. Biochem. Biophys. 36 : 202-220.

Bull,M.J. ,and Lascelles,J. 1963. The association of protein synthesis with the formation of pigments in some photosynthetic bacteria. Biochem J. 87:15-27.

Carr,N.G. ,and Exell,G. 1965. Ubiquinone concentrations in *Anthiorhodaceae* grown under various environmental conditions. Biochem J. 96 : 688-692.

Chaung,Y.T.,and Lai,C.L. 1978. Studies on treatment and utilization molasses alcohol slop. In International Conference on Water Pollution Control in Developing Countries , Feb. 21-25 , pp. 475-480. Kasetsart University .

Cohen-Bazire,G. , Sistrom,W.R. ,and Stanier,R.Y. 1957. Kinetic studies of pigment synthesis by non-sulfur purple bacteria. J. Cell. Comp. Physiol. 29 : 25-67.

Dubois,M. , Gilles,K.A. , Hamilton,J.K. , Robers,R.A. ,and Smith,F. 1956. Colorimetric method for determining of sugar and related substrance. Anal. Chem. 28:350-356.

Hillmer,P. ,and Gest,H. 1977. H_2 metabolism in the photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas capsulata* : H_2 production by growing cultures. J. Bacteriol. 129(2):724-731.

Hiraishi,A. ,and Kitamura,H. 1984. Differences in prototrophic growth on high phosphate concentrations among *Rhodopseudomonas* species. J. Ferment. Technol. 62(3) : 293-296.

Hirayama,O. , Anddo,E. , Wamori,K. ,and Hara,N. 1974. Colorimetric method to measure bacterial pigment. J. Agr. Chem. Soc. 48:97.

Hutner,SH. 1946. Organic growth essentials of the aerobic nonsulfur photosynthetic bacteria. J. bacteriol. 52:213-221.

————. 1950. Anaerobic and aerobic growth of purple bacteria (*Athiorhodaceae*) in chemically defined media. J.Gen.Microbiol. 4:286-293.

Izumi,Y. ,and Ogata,K. 1977. Some aspects of the microbial production of biotin. Adv. Appl. Microbiol. 22:145-173.

Kim,J.S. , Ito,K. ,and Takahashi,H. 1981. Protoduction of Molecular hydrogen by *Rhodopseudomonas sp.* J .Ferment.Technol. 59(3) : 185-190.

Kitamura,H. , Kurosawa,K. ,and Kobayashi,M. 1980. Treatment of human waste using a photosynthetic bacterial method (PSB Method). In Chong Po (ed.) , Animal Waste Treatment and Utilization. Proceeding International , Symposium on Biogas Microalgae and Livestock Waste, Sep.15-17, pp. 481-485 Taipei. China.

Kobayashi,H.A. , Stenstrom,M. ,and Mah,R.A. 1983. Use of photosynthetic bacteria for hydrogen sulfide removal from anaerobic waste treatment effluent. Water Res. 17(5) : 579-587.

Kobayashi,M. ,and Kurata,S.I. 1978. The mass culture and cell utilization of photosynthetic bacteria. Proc. Biochem. 13 (9) : 27-30.

_____ , Kobayashi,M. ,and Nakanishi,H. 1971. Construction of purification plant for polluted water using photosynthetic bacteria. J. Ferment. Technol. 49(9) : 817-825.

_____ , Taketomo,N. ,and Tchan,Y.T. 1977. Formation of dimethyl nitrosamine in polluted environments and the role of photosynthetic bacteria. J. Ferment. Technol. 55 : 615-620.

_____ , and Tchan,Y.T. 1973. Treatment of industrial waste solutions and production of useful by-products using a photosynthetic bacterial method. Water Res. 7:1219-1224.

Kohlmiller,E.F. ,and Gest,H. 1951. A comparative study of the light and dark fermentations of organic acids by *Rhodospirillum rubrum*. J. Bacteriol. 61 : 269-282.

Lascelles,J. 1960. The synthesis of enzymes concerned in bacteriochlorophyll formation in growing cultures of *Rhodopseudomonas sphaeroides*. J. Gen. Microbiol. 23:487-498.

Madigan, M.T. 1988. Microbiology , physiology ,and ecology of phototrophic bacteria. In A.J.B. Zehnder (ed.) , Biology of Anaerobic Microorganisms. pp.39-111. New York:McGraw-Hill Inc.

Morikawa,H. , Hayashi,M. ,and Kamikubo,T. 1971. Utilization of hydrocarbons by microorganisms (IV) Utilization of hydrocarbons and vitamin B12 production by *Rhodopseudomonas sphaeroides*. J. Ferment. Technol. 49(9) : 803-808.

Nelson,N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153:375-380.

Noparatnaraporn,N. , Nishizawa,N. ,and Nagai,S. 1980. Utilization of photosynthetic bacteria on soybean waste. Annual Reports of International Center of Cooperative Research and Development in Microbial Engineering 3 : 238-242.

_____ , Wongkornchawarit,W. , Kantachote,D. ,and Nagai,S. 1986. SCP production of *Rhodopseudomonas sphaeroides* on pineapple wastes. J. Ferment. Technol. 64(2): 137-143.

Pelczar,M.J. , Chan,L.S.C. ,and Krieg,N.R. 1993. Microbiology concepts and applications. New York : McGraw-Hill Inc.

Prasertsan, P. , Choorit,W. ,and Suwanno,S. 1993. Isolation, identification and growth condition of photosynthetic bacteria found in seafood processing wastewater. World J. Microbiol. Biotechnol. 9 : 590-592.

———— , Choorit,W. ,and Suwanno,S. 1993. Optimization for growth of *Rhodocyclus gelatinosus* in seafood processing effluents. World J. Microbiol. Biotechnol. 9 : 593-596.

Sasaki,K. ,and Nagai,S. 1979. The optimum pH and temperature for the aerobic growth of *Rhodopseudomonas gelatinosa*, and vitamin B12 and ubiquinone formation on a starch medium. J. Ferment. Technol. 57(5) : 383-386.

———— , Noparatnaraporn,N. , Nichizawa,Y. , Hayashi,M. ,and Nagai,S. 1981. Single cell protein production by treatment of soybean wastes with *Rhodopseudomonas gelatinosa*. J. Ferment. Technol. 59(6) : 471-477.

———— , Noparatnaraporn,N. ,and Nagai,S. 1991. Use of Photosynthetic Bacteria for the Production of SCP and Chemicals from Agroindustrial Wastes. In A.M. Martin (ed.), Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products. pp. 225-264. New York : Elsevier Applied Science.

Sawada,H. ,and Rogers,P.L. 1977. Photosynthetic bacteria in waste treatment : pure culture studies with *Rhodopseudomonas capsulata*. J. Ferment. Technol. 55(4): 297-310.

_____ ,and Rogers,P.L. 1977. Photosynthetic bacteria in waste treatment : mixed culture studies with *Rhodopseudomonas capsulata*. J. Ferment. Technol. 55(4): 311-325.

_____ , Parr,R.C. ,and Rogers,P.L. 1977. Photosynthetic bacteria in waste treatment : Role of *Rhodopseudomonas capsulata* with agricultural/industrial effluents. J. Ferment. Technol. 55(4): 326-336.

Schick,H.J. 1971. Substrate and light dependent fixation of molecular nitrogen in *Rhodospirillum rubrum*. Arch. Mikrobiol. 75 : 89-101.

Shipman,R.H., Kao,I.C.,and Fan,L.T.1977.Single cell protein production by photosynthetic bacteria cultivation in agricultural by products. Adv. Appl. Microbiol. 21 : 161-183.

Siefert,E. , Irgens,R.L. ,and Pfennig,N. 1978. Phototrophic purple and green bacteria in a sewage treatment plant. Appl. Environ. Microbiol. 35 : 38-44.

Uffen,R. ,and Wolfe,R.S. 1970. Anaerobic growth of purple nonsulfur bactaria under dark conditions. J. Bact. 104(1) : 462-472.

Van Niel, C.B. 1944. The cultural, general, physiology, morphology and classification of the non-sulfur purple and brown photosynthetic bacteria. Bacteria Rev. 8 : 1.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์ในงานวิจัย

ก 1 pH

ที่มา กรรณิการ์ ลิริลิงห์, 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 ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้นๆ

ก 2 การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี,COD (Chemical Oxygen Demand)

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

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการรีฟลักซ์ ประกอบด้วย

1.ขวดรีฟลักซ์ เป็นขวดกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

2.เครื่องควบแน่น (condenser)

3.เตาชนิด hot plate หรือ heating mantle ซึ่งสามารถให้กำลังไฟฟ้าอย่างน้อย 1.4 วัตต์ต่อตารางเซ็นติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารเคมีที่ใช้

1.สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.25 นอร์มัล

ละลายโปตัสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจำนวน 12.259 กรัม ลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร จากนั้นเติมกรดซัลฟามิคปริมาณ 120 มิลลิลิตรต่อลิตรของสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต (เพื่อกำจัด NO_2^-)

2.กรดซัลฟูริคเข้มข้น

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต($AgSO_4$) 22 กรัม ลงในกรดซัลฟูริคเข้มข้น(H_2SO_4 conc. analytical reagent) ซึ่งมีน้ำหนัก 9 ปอนด์ (2.5 ลิตร หรือ 1 ขวด) ใช้เวลาในการละลาย 1-2 วัน

3.สารละลายเฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์(Ferroin indicator solution)

ละลาย 1,10-ฟีแนนโธรลิน โมโนไฮเดรต (1,10-phenanthroline monohydrate) 1.485 กรัม และ เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.695 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4.สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) เข้มข้นประมาณ 0.10 นอร์มัล

ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 39 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริค ลงไป 20 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้ต้อง หาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน (standardize) ทุกครั้ง ก่อนนำไปใช้ในการไตเตรต ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมตเสมอ

การหาความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร และกรดซัลฟูริคเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาไตเตรตกับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้สารละลายเฟอโรอิน จำนวน 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อถึงจุดยุติสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง จดปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

การคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (โมลต่อลิตร)

$$N = \frac{\text{มิลลิลิตรโปตัสเซียมไดโครเมต} \times 0.25}{\text{มิลลิลิตรเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต}}$$

5. เมอร์คิวรี่ (II) ซัลเฟต ($HgSO_4$)

วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี โดยวิธี Dicromate reflux method

1. เตรียมตัวอย่าง โดยใส่เมอร์คิวรี่(II) ซัลเฟต 0.4 กรัม ลงในขวดริฟลักซ์ เติมน้ำตัวอย่างที่ผ่านการเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาทีแล้ว และนำมาทำให้เจือจางปริมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมตปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆรินกรดซัลฟูริค ซึ่งมีซิลเวอร์ซัลเฟต อยู่ด้วยปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้ว(glass bead) ลงไปประมาณ 5-6 เม็ด เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเดือดที่รุนแรง แกว่งขวดริฟลักซ์เบาๆ เพื่อให้สารในขวดผสมเข้ากันดี

2. เตรียมแบลงค์ (blank) ทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างแต่ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

3. นำขวดตัวอย่างและแบลงค์ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่น ริฟลักซ์นานประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นแล้วล้างควบแน่นด้วยน้ำกลั่นก่อนที่จะถอดเครื่องควบแน่นออกจากขวดริฟลักซ์

4. เจือจางส่วนผสมด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวมทั้งหมดประมาณ 140 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นจนเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปไตเตรตหาปริมาณของไดโครเมตที่เหลือด้วยสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งใช้ประมาณ 2-3 หยด เมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์จนถึงจุดยุติ สีของสารละลายในขวดจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลแดง จดปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{COD (มิลลิลิตร/ลิตร)} = \frac{(A - B) \times N \times 8{,}000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง(มิลลิลิตร)}} \times \text{dilution fractor}$$

A = ปริมาณสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตแบลงค์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตกับน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (นอร์มัล)

ก 3 การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี , BOD (Biological Oxygen Demand)

ที่มา APHA, 1989

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดเครื่องมือมาโนมิเตอร์ (Manometer apparatus)

2.ตู้บ่ม (incubator) ที่ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 20 °ซ.

สารเคมีที่ใช้

ลิเธี่ยมไฮดรอกไซด์ (Lithium Hydroxide , LiOH)

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่อง Manometer apparatus : Model 2173B โดยบริษัท HACH จำกัด (6 ขวดตัวอย่าง)

1.ใส่น้ำตัวอย่าง (ปรับ pH ให้เป็นกลางก่อน) ลงในขวดตัวอย่างปริมาตรขึ้นอยู่กับค่าบีโอดีของตัวอย่าง

ช่วงบีโอดีของตัวอย่าง (มก./ลิตร)	ปริมาตรของตัวอย่าง (มล.)
0-35	420
0-70	355
0-350	160
0-700	95

2.ใส่แท่งแม่เหล็ก (megnetic bar) ลงในขวดตัวอย่างแต่ละขวด

3.ทาปากขวดและถ้วยปิด(cup) ด้วย stopcock grease

4.ปิดขวดด้วยถ้วยปิด ใส่ลิเธี่ยมไฮดรอกไซด์ด้วยกรวยแก้วในถ้วยปิด

5.นำขวดตัวอย่างไปต่อกับเครื่องมาโนมิเตอร์ที่มีการกวนตลอดเวลา

6.นำชุดเครื่องมือมาโนมิเตอร์ไปไว้ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 20 °ซ.เป็นเวลา 5 วัน อ่านค่าบีโอดีของตัวอย่างที่สเกลบนเครื่องมาโนมิเตอร์

หมายเหตุ:รายละเอียดการใช้ชุดเครื่องมือมาโนมิเตอร์ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้นๆ

ก 4 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

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

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ถ้วยระเหย (Evaporating dish)

2.เครื่องอังไอน้ำ (water bath)

3.ตู้อบความร้อน (Drying Oven) 25-180 องศาเซลเซียส

4.เดลิกเคเตอร์ (Desiccator)

5.เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

วิธีวิเคราะห์

1.อบถ้วยระเหยให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดลิกเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักถ้วยระเหย (ให้เป็น A มก.)

2.นำ water bath ใส่น้ำประมาณ 3/4 ของภาชนะต้มให้เดือดที่ 100 °ซ.

3.เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างซึ่งจะอ่านค่าของแข็งออกมาโดยประมาณอย่างน้อยที่สุด 2.5 มิลลิกรัม (เพิ่มค่าน้ำหนักจากถ้วยระเหย) ใส่ในถ้วยระเหยที่ชั่งหาน้ำหนักไว้แล้ว แล้วนำไประเหยให้แห้งบน water bath ในข้อ 2.

4.นำถ้วยระเหยที่ระเหยน้ำตัวอย่างให้แห้งแล้วไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 103-105 °ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นที่ก้นภาชนะ

5.ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในเดลิกเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(ให้เป็น B มก.)

การคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร) = น้ำหนักของที่เพิ่มขึ้น (B-A) (มิลลิกรัม) x 1,000 / ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

ก 5 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS)

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

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซ็นติเมตร

2.กรวยกรองบุชเนอร์ (Buchner Funnel) ความจุ 100 มิลลิลิตร และขวดสำหรับ suction

3.เครื่องดูดอากาศ (respirator)

4.ตู้อบความร้อน (Drying Oven) 25-180 องศาเซลเซียส

5.เดลิกเคเตอร์ (Desiccator)

6.เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

วิธีวิเคราะห์

1.อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดลิกเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรอง (ให้เป็น A มก.)

2.เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างซึ่งจะอ่านค่าของแข็งออกมาโดยประมาณอย่างน้อยที่สุด 2.5 มิลลิกรัม (เพิ่มค่าน้ำหนักจากกระดาษกรอง)

3.วางกระดาษกรองลงในกรวยบุชเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับขวด suction และ เครื่องดูดอากาศ

4.ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก เพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุชเนอร์

5.กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่ต้องการโดยอาศัยแรงดูดช่วย

6.ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยและภาชนะจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง

7.ปิดเครื่องดูดอากาศ แล้วใช้ปากคีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะ

เชื้อ (petri dish) กระจกนาฬิกา (watch glass) หรือถ้วยอะลูมิเนียม (aluminium cup) นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง

8.ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในเดสิกเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักกรองที่เพิ่มขึ้น (ให้เป็น B มก.)

การคำนวณ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร) = $\frac{\text{น้ำหนักของกระดาษที่เพิ่มขึ้น (B-A) (มิลลิกรัม)}}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)}} \times 1,000$

ก 6 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar , Phenol sulfuric acid method)

ที่มา Dubois และคณะ ,1956

เครื่องมือและอุปกรณ์

spectrophotometer : model spectronic 21 ของ Bausch&Lomb

สารเคมีที่ใช้

1.สารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน (glucose analytical reagent) ชั่งน้ำตาลกลูโคสด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียดให้ได้ปริมาณ 0.35 กรัม ใส่ใน volumetric flask เติมน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้ทั่ว จาก stock solution นี้ดูดมา 1,5,5 และ 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาณ 6,5,2 และ 0 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะได้สารละลายมาตรฐานมีน้ำตาลกลูโคส 10,35,50 และ 70 ไมโครกรัมต่อ 2 มิลลิตร ตามลำดับ

2.สารละลายซัลฟูริค (H_2SO_4 conc. analytical reagent)

3.สารละลายฟีนอล (phenol) 5 % ละลายฟีนอล 5 กรัมในน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1.หากราฟมาตรฐาน (standard curve) โดยใช้สารละลายกลูโคสมาตรฐานปริมาณ 10,35,50 และ 70 ไมโครกรัมต่อ 2 มิลลิลิตร

2.แช่หลอดทดลองในน้ำแข็งใส่สารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร (ปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วงวิเคราะห์ได้)

3.เติมสารละลายฟีนอล 5 % ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 2-3 นาที เอาหลอดทดลองออกจากน้ำแข็งที่แช่ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

4.เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทันทีทิ้งไว้ 10 นาที แล้วเขย่าอีก ทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าความดูดกลืนแสง (O.D.) ที่ความยาวคลื่นแสง 490 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟระหว่างค่า O.D. กับ ปริมาณน้ำตาล จะได้กราฟมาตรฐาน

5.สำหรับการหาปริมาณน้ำตาลของตัวอย่าง วิเคราะห์เช่นเดียวกับ ข้อ 2 - 4 ถ้าตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลอยู่ลง จะต้องเจือจางให้อยู่ในช่วงที่วิเคราะห์ได้ และ หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ก 7 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)

ที่มา Nelson , 1944

เครื่องมือและอุปกรณ์

spectrophotometer : model spectronic 21 ของ Bausch&Lomb

สารเคมีที่ใช้

Somogyi reagent

Copper reagent A :

Na_2CO_3	12.5	กรัม
$C_4H_4Na_2O_6.4H_2O$	12.5	กรัม
$NaHCO_3$	10.0	กรัม
Na_2SO_4	100.0	กรัม
เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น	500	มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Copper reagent B :

$CuSO_4$	15.0	กรัม
H_2SO_4 conc.	1-2	หยด
เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น	100	มิลลิลิตร

ก่อนใช้ให้ผสม reagent A 25 มิลลิลิตร กับ reagent B 1 มิลลิลิตร (ส่วนผสมนี้ควรเตรียมเพื่อใช้วันต่อวัน)

Nelson reagent

$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	12.5	กรัม
H_2SO_4 conc.	10.5	มิลลิลิตร
Na_2HAsO_4	1.5	กรัม
เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น	250	มิลลิลิตร

ควรเก็บไว้ที่ 37 °ซ. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ (สารละลายควรปรากฏเป็นสีเหลือง)

วิธีวิเคราะห์

1.ปิเปตตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร

2.เติม Somogyi reagent 0.5 มิลลิลิตร

3.ต้มให้เดือดที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นเวลา 20 นาที

4.ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5.เติม Nelson reagent 0.5 มิลลิลิตร

6.เติมน้ำกลั่น 8.5 มิลลิลิตร

7.นำไปวัดค่าความดูดกลืนแสง(ค่า OD) ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

หมายเหตุ : ควรทำกราฟมาตรฐานของกลูโคสทุกครั้ง โดยใช้สารละลายกลูโคสมาตรฐานแทนตัวอย่าง(สารละลายมาตรฐานกลูโคสควรเตรียม stock 0.2 มิลลิกรัม/มิลลิตร ในน้ำกลั่น) การทำกราฟมาตรฐานควรใช้ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานในช่วงที่จำเพาะสำหรับค่าความเข้มข้นของน้ำตาลของตัวอย่าง)

ก 8 การวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้งหรือน้ำหนักแห้ง (Dry Weight)

ที่มา Noparatnaraporn และคณะ ,1980 ; APHA, 1989

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ (petri dish) กระจกนาฬิกา (watch glass) หรือถ้วยอะลูมิเนียม (aluminium cup)

2.เครื่องเหวี่ยง และ หลอดที่ใช้สำหรับเหวี่ยง (super speed refrigerated centrifuge model RC-5 ของ Sorvall)

3.ตู้อบความร้อน (Drying Oven) 25-180 องศาเซลเซียส

4.เดสิกเคเตอร์ (Desiccator)

5.เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

วิธีวิเคราะห์

1.นำภาชนะทนไฟที่จะใช้สำหรับใส่ตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วออกมาวางใน dessicator เมื่อเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง นำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด (ให้เป็น A มิลลิกรัม)

2.ในการหาน้ำหนักแห้งของเซลล์แบคทีเรีย นำตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตรนำไปเหวี่ยงให้เซลล์ตกตะกอนด้วยความเร็วประมาณ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง นำเซลล์เข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 12 ชั่วโมง

3.นำออกมาใส่ใน dessicator ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทำซ้ำจนน้ำหนักคงที่ (ให้เป็น B มิลลิกรัม)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณวัตถุแห้ง (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A) (มิลลิกรัม)}}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)}} \times 1,000$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก 9 การวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุ (Pigment)

ที่มา Hirayama และคณะ ,1974

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องเหวี่ยง และ หลอดที่ใช้สำหรับเหวี่ยง (super speed refrigerated centrifuge model RC-5 ของ Sorvall)

2.spectrophotometer : model spectronic 21 ของ Bausch&Lomb

สารเคมีที่ใช้

1.สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 0.9 กรัม ลงในน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร

2.ตัวทำละลาย (solvent) ที่ใช้ในการสกัด คือ metthanol และ acetone (solvent ที่ใช้เป็น analytical reagent) อัตราส่วนที่ใช้คือ methnol ต่อ acetone เท่ากับ 2 ต่อ 3 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

วิธีวิเคราะห์

1.นำ cell suspension ปริมาณ 50-100 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ 15,000-18,000 (ความเร็วประมาณ 12,000 รอบต่อนาที) นาน 30 นาที

2.เทส่วนใสทิ้ง ล้างเซลล์ด้วย 0.9 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคลอไรด์ นำไปเหวี่ยงอีกครั้ง โดยใช้ความเร็วรอบต่อนาทีและความเร็วเช่นเดียวกับข้อ 1

3.นำเซลล์ที่ล้างแล้วมาสกัดด้วยสารละลายผสมของ methanol:acetone แล้วนำไปเหวี่ยงที่ 10,000-12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10-15 นาที เก็บส่วนใสที่ได้ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่หุ้มด้วย aluminium foil สกัดเซลล์เดิมอีกจนกว่าไม่มีสีของรงควัตถุออกมาในสารละลายผสมของ methanol:acetone รวมส่วนใสที่ได้ แล้วปรับปริมาตรส่วนใสที่ได้ จดปริมาตรไว้

4.นำสารละลายที่ได้จากข้อ 3 มาวัดค่าความดูดกลืนแสง (O.D.) ที่ความยาวคลื่นแสง 480 และ 770 นาโนเมตร ใช้สารละลายของ methanol:acetone เป็นแบลงค์คำนวณหาปริมาณรงควัตถุ

การคำนวณ

$$\text{คาโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)} = 0.385(O.D._{480} - 0.10 \times O.D._{770}) \times \frac{B}{A} \times 10$$

$$\text{แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/ลิตร)} = 2.45 \times O.D._{770} \times 10 \times \frac{B}{A}$$

$$\text{คาโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(O.D._{480} - 0.1 \times O.D._{770})}{Z} \times 3.85 \times \frac{B}{A}$$

$$\text{แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)} = \frac{2.45 \times O.D._{770} \times 10}{Z} \times \frac{B}{A}$$

Z = น้ำหนักแห้งของเซลล์แบคทีเรียหรือน้ำหนักวัตถุแห้ง (กรัมต่อลิตร)

A = ปริมาตรสารละลายก่อนสกัด

B = ปริมาตรสารละลายหลังสกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

1.อัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate , μ)

อัตราการเจริญจำเพาะ คือ อัตราส่วนระหว่าง อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์แบคทีเรียต่อเวลา และ จำนวนเซลล์แบคทีเรีย

$$\mu = (dX/dt)/X \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ μ = อัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate) , ต่อชั่วโมง

(dX/dt) = อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ต่อเวลา (population growth rate), กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

X = จำนวนเซลล์แบคทีเรีย , กรัมต่อลิตร

จากสมการที่ (7)

$$dX/X = \mu\, dt$$

$$\int_{X_o}^{X} dX/X = \int_{t_o}^{t} \mu\, dt$$

$$\ln X - \ln X_o = \mu (t-t_o)$$

แต่ $t_o = 0$ ดังนั้น

$$\ln X = \ln X_o + \mu t$$

เมื่อนำ $\ln X$ ไปพลอตกราฟกับเวลาจะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ μ หรือ อัตราการเจริญจำเพาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (organic loading)

สามารถหาได้จากสูตรพื้นฐาน คือ

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

$$= \frac{\text{ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ} \times \text{อัตราการไหลของสารอินทรีย์เข้าระบบ}}{\text{ปริมาตรของระบบในถังหมัก (working volume)}}$$

3.ระยะเวลาเก็บกัก (Hydraulic Retention Time , HRT)

หมายถึง ระยะเวลาโดยทฤษฎีที่ของเหลวอยู่ในระบบ

$$\text{ระยะเวลาเก็บกัก} = \frac{\text{ปริมาตรของระบบในถังหมักที่ใช้งาน}}{\text{อัตราการไหลของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบในแต่ละวัน}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ข้อมูลการทดลองในรูปตารางและกราฟแสดงค่าดรรชนีต่างๆที่ทำการวิเคราะห์ตลอดการทดลอง มีดังนี้

ตาราง ค.1 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในอาหาร Glutamate-malate ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.2 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.3 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.4 ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณน้ำหนักแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.5 ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณน้ำหนักแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.6 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.7 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.8 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.9 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.10 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.11 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.12 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณคาโรทีนอยด์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.13 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณแบคทีเรียโอคลอโรฟิลล์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูหัวความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.14 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูหัวความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.15 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าซีโอดี), ปริมาณวัตถุแห้ง, ปริมาณรงควัตถุ และ การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ตาราง ค.16 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.13 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตาราง ค.17 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.49 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตาราง ค.18 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.07 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตาราง ค.19 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.56 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตาราง ค.20 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.97 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตาราง ค.21 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.41 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

รูปที่ ค.1 แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

รูปที่ ค.2 แสดงปริมาณวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

รูปที่ ค.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

รูปที่ ค.4 แสดงปริมาณรงควัตถุระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.1 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในอาหาร Glutamate-malate ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา	สายพันธุ์ 8.1		สายพันธุ์ 55.5	
(ชั่วโมง)	pH	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (กรัม/ลิตร)
0	6.80	0.0090	6.80	0.0095
4	6.80	0.2568	6.80	0.0486
8	6.90	0.3541	6.85	0.1619
12	6.95	0.4967	6.90	0.3223
16	7.00	0.6217	6.95	0.4203
20	7.30	0.8426	7.20	0.5351
24	7.35	1.0481	7.25	0.6392
28	7.50	1.1316	7.30	0.7461
32	7.55	1.2831	7.40	0.8392
36	7.65	1.3045	7.50	0.9156
40	7.70	1.2918	7.65	0.9022
44	7.75	1.2896	7.70	0.8829
48	7.80	1.2900	7.75	0.8817

อัตราการเจริญจำเพาะ สายพันธุ์ 8.1 = 0.065 ต่อชั่วโมง

อัตราการเจริญจำเพาะ สายพันธุ์ 55.5 = 0.048 ต่อชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.2 ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่ 1		สูตรอาหารที่ 2		สูตรอาหารที่ 3		สูตรอาหารที่ 4		สูตรอาหารที่ 5		สูตรอาหารที่ 6		สูตรอาหารที่ 7		สูตรอาหารที่ 8	
	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ลิตร)
0	6.80	0.0080	6.80	0.0095	6.80	0.0100	6.80	0.0080	6.80	0.0100	6.80	0.0084	6.80	0.0140	6.80	0.0127
4	6.80	0.0092	6.80	0.0188	6.80	0.0707	6.80	0.2360	6.80	0.1070	6.80	0.0104	6.80	0.0090	6.80	0.0330
8	6.80	0.0113	6.80	0.0196	6.80	0.1850	6.85	0.3070	6.80	0.2900	6.80	0.0106	6.80	0.0105	6.85	0.0225
12	6.85	0.0198	6.85	0.0291	6.80	0.2667	6.85	0.4460	6.85	0.3567	6.85	0.0313	6.85	0.0224	6.85	0.0327
16	6.85	0.0207	6.85	0.0203	6.90	0.3505	7.00	0.5215	6.90	0.4103	6.85	0.0306	6.85	0.0323	6.90	0.0440
20	6.90	0.0195	6.85	0.0117	7.00	0.4053	7.05	0.5547	6.85	0.5513	6.85	0.0209	6.90	0.0243	6.90	0.0435
24	6.95	0.0163	6.85	0.0220	7.05	0.4569	7.10	0.7900	7.00	0.5967	6.85	0.0220	6.95	0.0333	6.95	0.0391
28	6.90	0.0100	6.90	0.0325	7.05	0.5505	7.05	0.8067	7.05	0.5998	6.90	0.0145	7.00	0.0415	7.00	0.0319
32	6.85	0.0125	6.90	0.0218	7.10	0.5667	7.15	0.8700	7.00	0.7967	6.95	0.0284	7.00	0.0327	6.95	0.0292
36	6.80	0.0157	6.85	0.0318	7.20	0.6120	7.15	0.9040	7.10	0.8590	6.90	0.0317	6.95	0.0441	7.00	0.0339
40	6.85	0.0222	6.90	0.0224	7.35	0.5610	7.10	0.8987	7.15	0.8453	6.95	0.0245	6.90	0.0348	6.95	0.0320
44	6.85	0.0329	6.85	0.0119	7.30	0.5300	7.15	0.8865	7.15	0.8483	7.00	0.0255	6.90	0.0293	6.95	0.0429
48	6.80	0.0320	6.85	0.0149	7.35	0.4955	7.05	0.8943	7.10	0.8300	6.95	0.0300	6.85	0.0240	6.90	0.0333
อัตราการเจริญจำเพาะต่อชั่วโมง		0		0		0.038		0.05		0.047		0		0		0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่ 1		สูตรอาหารที่ 2		สูตรอาหารที่ 3		สูตรอาหารที่ 4		สูตรอาหารที่ 5		สูตรอาหารที่ 6		สูตรอาหารที่ 7		สูตรอาหารที่ 8	
	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	pH	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)
0	6.80	0.0155	6.80	0.0122	6.80	0.0107	6.80	0.0085	6.80	0.0080	6.80	0.0099	6.80	0.0109	6.80	0.0129
4	6.80	0.0148	6.80	0.0225	6.80	0.0441	6.80	0.0580	6.80	0.0525	6.80	0.0087	6.80	0.0122	6.80	0.0110
8	6.80	0.0352	6.80	0.0230	6.85	0.0994	6.80	0.1487	6.80	0.1312	6.80	0.0101	6.80	0.0331	6.80	0.0090
12	6.80	0.0450	6.80	0.0212	6.90	0.1343	6.85	0.2615	6.85	0.2450	6.85	0.0273	6.80	0.0225	6.80	0.0251
16	6.85	0.0345	6.85	0.0342	6.95	0.1800	6.95	0.3711	6.85	0.2925	6.85	0.0368	6.85	0.0403	6.85	0.0319
20	6.85	0.0233	6.85	0.0447	7.00	0.2105	7.00	0.4675	7.00	0.3615	6.90	0.0313	6.90	0.0219	6.90	0.0400
24	6.85	0.0347	6.90	0.0448	7.05	0.2515	7.05	0.5290	7.05	0.4100	6.90	0.0345	6.95	0.0429	6.95	0.0329
28	6.90	0.0268	6.90	0.0329	7.10	0.3000	7.10	0.5937	7.10	0.4945	6.95	0.0344	6.95	0.0320	7.00	0.0215
32	6.95	0.0359	6.95	0.0441	7.15	0.3650	7.15	0.6625	7.15	0.5655	6.90	0.0293	7.00	0.0309	6.95	0.0341
36	6.90	0.0262	6.95	0.035	7.15	0.4970	7.20	0.7150	7.20	0.6063	6.95	0.0333	7.05	0.0415	6.95	0.0298
40	6.95	0.034	7.00	0.0438	7.20	0.4805	7.25	0.6921	7.20	0.5875	6.95	0.0487	6.95	0.0393	7.00	0.0374
44	6.95	0.0349	6.95	0.0335	7.25	0.4744	7.25	0.6790	7.25	0.5713	7.00	0.0299	6.95	0.0314	7.00	0.0237
48	6.90	0.0260	6.95	0.0251	7.35	0.4570	7.20	0.6618	7.25	0.5717	6.95	0.0304	6.90	0.0311	7.05	0.0235
อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	0		0		0.035		0.044		0.042		0		0		0	

ตาราง ค.4 ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณน้ำหนักแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ S.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0.0070	0.0090	0.0120	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0050	0.0090	0.0130	0.0100	0.0130	0.0100	0.0070	0.0115	0.0090	0.0090
6	0.0104	0.0100	0.0190	0.0430	0.0341	0.0197	0.0190	0.0340	0.1251	0.1395	0.1100	0.1420	0.0144	0.0412	0.1140	0.1150	0.1109	0.1010
12	0.0499	0.0640	0.0991	0.1095	0.1015	0.0656	0.0490	0.0984	0.2175	0.2255	0.2190	0.1995	0.0449	0.0921	0.2017	0.1920	0.1950	0.1619
18	0.0994	0.1389	0.1575	0.1790	0.1790	0.1369	0.0973	0.1980	0.3225	0.3150	0.2995	0.2390	0.0912	0.1520	0.2936	0.2745	0.2560	0.2293
24	0.1109	0.1715	0.2105	0.2329	0.2295	0.1717	0.1135	0.2081	0.4410	0.4344	0.4297	0.3227	0.0915	0.1907	0.4033	0.3997	0.3706	0.3049
30	0.1340	0.2100	0.2700	0.2975	0.2950	0.2171	0.1610	0.2925	0.6070	0.5720	0.5353	0.4215	0.1315	0.2517	0.5115	0.4913	0.4490	0.3912
36	0.1541	0.2554	0.3415	0.3719	0.3575	0.2676	0.1985	0.3270	0.7350	0.7200	0.6415	0.5191	0.1740	0.2939	0.6125	0.5627	0.5213	0.4107
42	0.1415	0.2540	0.3375	0.3611	0.3500	0.2680	0.1922	0.3211	0.7245	0.7095	0.6389	0.5035	0.1700	0.2946	0.5940	0.5610	0.5169	0.4005
48	0.1435	0.2479	0.3199	0.3545	0.3399	0.2595	0.1915	0.3055	0.7100	0.6910	0.6395	0.4945	0.1699	0.2991	0.5921	0.5505	0.5143	0.3939
อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	0.0339	0.0357	0.0396	0.0394	0.0399	0.0395	0.042	0.0453	0.0539	0.0497	0.0484	0.0473	0.0401	0.042	0.049	0.0499	0.0462	0.0445

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.5 ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณน้ำหนักแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0.0105	0.0114	0.0121	0.0090	0.0109	0.0111	0.0115	0.0122	0.0103	0.0095	0.0124	0.0119	0.0099	0.0096	0.0119	0.0105	0.0120	0.0123
6	0.0256	0.0247	0.0210	0.0600	0.0369	0.0443	0.0210	0.0405	0.0936	0.0910	0.0967	0.0797	0.0195	0.0537	0.0969	0.0969	0.0679	0.0772
12	0.0390	0.0519	0.0739	0.0963	0.0932	0.0640	0.0412	0.0746	0.1987	0.1516	0.1437	0.1103	0.0495	0.0942	0.1560	0.1515	0.1464	0.1309
18	0.0915	0.1215	0.1295	0.1239	0.1296	0.1195	0.0775	0.1195	0.2554	0.2296	0.2309	0.2335	0.0795	0.1572	0.2479	0.2417	0.2393	0.2346
24	0.1104	0.1520	0.1605	0.1695	0.1675	0.1465	0.0999	0.1561	0.3890	0.3024	0.3162	0.3194	0.1090	0.2060	0.3217	0.3274	0.3196	0.3050
30	0.1320	0.1915	0.2015	0.1924	0.1940	0.1795	0.1214	0.1932	0.4410	0.3915	0.3955	0.3900	0.1235	0.2491	0.4115	0.4000	0.3949	0.3920
36	0.1577	0.2260	0.2420	0.2519	0.2475	0.2300	0.1650	0.2321	0.5432	0.5060	0.4941	0.4113	0.1542	0.3136	0.4900	0.4992	0.4959	0.4021
42	0.1425	0.2179	0.2375	0.2411	0.2405	0.2220	0.1542	0.2239	0.5345	0.4974	0.4915	0.3966	0.1516	0.3124	0.4710	0.4520	0.4405	0.3904
48	0.1399	0.2099	0.2199	0.2465	0.2395	0.2190	0.1521	0.2239	0.5306	0.4920	0.4857	0.3879	0.1493	0.3090	0.4679	0.4577	0.4362	0.3955
อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	0.0305	0.0335	0.0375	0.0367	0.0343	0.0334	0.0373	0.0409	0.0455	0.0442	0.0432	0.0429	0.0367	0.0393	0.0423	0.042	0.0419	0.0407

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.6 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของ แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ S.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้ง ที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	1029.42	1029.42	1029.42	1055.01	1055.01	1055.01	1065.39	1065.39	1065.39	1013.50	1013.50	1013.50	999.91	999.91	999.91	1000.05	1000.05	1000.05
12	965.13	951.47	999.70	995.09	998.40	999.19	991.57	999.19	710.57	798.33	938.93	955.17	913.23	921.25	910.57	909.59	911.29	929.73
24	904.45	862.04	736.93	799.33	796.09	800.70	995.91	776.45	569.89	813.50	899.59	729.42	879.19	887.19	787.91	855.17	758.15	741.99
36	879.19	787.91	860.93	892.45	897.19	774.76	910.05	536.93	449.30	455.33	504.45	841.47	787.91	598.73	582.55	499.75	665.13	646.93
48	810.57	773.12	815.16	812.00	851.47	732.27	787.39	555.01	420.93	463.93	513.46	810.93	743.11	556.15	533.12	487.51	598.17	605.91
% COD removal	21.19	24.92	40.09	41.99	39.25	30.59	25.18	47.90	59.55	52.26	49.24	39.73	25.67	44.37	46.69	51.25	41.19	39.41

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.7 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5ในสูตรอาหารน้ำทิ้ง ที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	1053.06	1053.06	1053.06	1022.49	1022.49	1022.49	1032.00	1032.00	1032.00	1039.39	1029.39	1039.39	1097.39	1097.39	1097.39	1004.45	1004.45	1004.45
12	975.04	933.34	990.00	991.93	994.67	943.75	999.60	950.94	932.62	970.20	955.74	977.67	986.64	956.76	965.59	970.86	943.43	941.72
24	909.33	874.94	906.57	914.09	922.51	861.55	917.97	749.15	882.41	732.77	721.69	741.32	807.55	760.77	797.96	789.51	726.85	764.09
36	825.90	809.67	891.57	899.67	704.13	793.41	929.17	615.70	580.77	600.00	647.79	696.22	793.99	622.21	820.41	599.76	675.36	664.75
49	815.49	797.05	633.74	637.99	665.12	751.22	799.11	564.47	511.05	515.91	521.54	641.49	770.51	595.00	559.19	547.95	607.16	629.49
% COD removal	22.56	24.31	29.92	37.61	34.95	26.53	22.57	45.30	50.49	49.94	43.45	37.62	29.79	46.89	49.04	45.46	39.55	37.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.8 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรีย สังเคราะห์แสงสายพันธุ์ S.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้ง

ที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80
6	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.85	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80
12	6.85	6.80	6.85	6.85	6.80	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.80	6.85	6.80	6.85	6.80	6.80	6.80	6.90
18	6.90	6.85	6.85	6.90	6.85	6.90	6.85	6.90	6.90	6.90	6.85	6.85	6.90	6.85	6.85	6.85	6.90	6.95
24	6.95	6.90	6.90	6.95	6.90	6.95	6.90	6.95	6.95	6.95	6.95	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.95
30	6.95	7.00	7.00	6.95	6.95	6.95	6.95	7.00	6.95	6.95	6.90	6.95	6.95	6.95	6.90	6.95	6.95	7.00
36	7.00	7.05	6.95	7.00	7.00	7.00	7.00	7.05	7.00	7.00	6.95	7.00	6.95	6.95	6.95	7.00	7.00	6.95
42	7.05	7.05	7.00	7.05	7.05	7.00	7.00	7.10	7.05	7.00	6.95	7.00	6.95	7.00	6.95	7.00	7.05	7.00
48	7.05	7.00	7.05	7.05	7.05	7.00	7.05	7.10	7.10	7.05	7.00	7.00	6.95	7.00	6.95	7.05	7.10	7.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.9 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้ง ที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหารที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
6	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.65	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
12	6.65	6.60	6.60	6.65	6.60	6.65	6.65	6.65	6.65	6.65	6.60	6.65	6.65	6.60	6.60	6.65	6.65	6.65
19	6.90	6.65	6.65	6.90	6.65	6.90	6.65	6.90	6.90	6.90	6.65	6.65	6.90	6.65	6.65	6.65	6.90	6.90
24	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.95	6.95	6.95	6.95	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.95
30	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	7.00	6.95	6.95	6.90	6.95	6.95	6.95	6.90	6.95	6.95	7.00
36	7.00	7.00	6.95	7.00	7.00	6.95	6.95	7.00	7.00	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	7.00	7.00	7.00
42	7.05	6.95	7.00	7.00	7.05	6.95	7.00	7.05	7.00	7.00	6.95	7.00	7.00	7.00	6.95	7.00	7.05	7.00
48	7.05	7.00	7.05	7.05	7.10	7.00	7.05	7.05	7.05	7.05	6.95	7.00	7.05	7.00	7.00	7.05	7.00	7.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.10 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูหัวความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา	เติมโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.5 กรัม/ลิตร			ไม่เติมสารอาหารใดๆ		
(ชั่วโมง)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 1)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 2)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 3)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 4)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 5)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 6)
0	1140.17	1140.17	1140.17	1103.91	1103.91	1103.91
6	1100.75	906.24	905.19	1017.51	900.40	934.22
12	999.53	892.96	872.45	1033.20	951.40	955.96
18	1004.64	709.53	902.59	974.34	717.87	791.19
24	975.45	611.15	779.27	1000.10	663.25	716.83
30	935.30	599.53	627.53	917.45	593.95	696.46
36	979.45	510.66	587.45	940.56	501.29	650.12
42	899.55	497.39	590.67	936.19	499.17	617.45
48	890.37	466.15	591.74	901.21	454.57	616.60
% COD removal	21.21	59.12	48.49	18.35	58.82	44.14

ตาราง ค.11 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูหัวความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา	เติมโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.5 กรัม/ลิตร			ไม่เติมสารอาหารใดๆ		
(ชั่วโมง)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 1)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 2)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 3)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 4)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 5)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 6)
0	0.0495	0.0515	0.0501	0.0305	0.0321	0.0347
6	0.0585	0.1405	0.1056	0.0413	0.1459	0.1104
12	0.0644	0.2100	0.1918	0.0590	0.2015	0.2351
18	0.0745	0.3000	0.2830	0.0495	0.2900	0.2834
24	0.0718	0.4310	0.4075	0.0915	0.4195	0.3575
30	0.0817	0.5685	0.4615	0.0733	0.5465	0.4933
36	0.0797	0.7197	0.5995	0.0953	0.7100	0.6000
42	0.0741	0.7049	0.5838	0.0927	0.7040	0.5605
48	0.0755	0.6968	0.5305	0.0979	0.6849	0.5515
อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	0.0000	0.0533	0.0453	0.0000	0.0529	0.0462

ตาราง ค.12 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณคาโรทีนอยด์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	เติมโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.5 กรัม/ลิตร			ไม่เติมสารอาหารใดๆ		
	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 1)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 2)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 3)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 4)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 5)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 6)
0	0.000	0.888	0.913	0.000	0.750	0.893
6	0.000	1.370	1.322	0.000	1.616	1.392
12	0.000	2.177	1.430	0.000	2.317	1.495
18	0.000	2.262	1.555	0.000	2.522	1.630
24	0.000	2.646	1.665	0.000	2.604	1.934
30	0.000	2.704	1.972	0.000	2.776	1.951
36	0.000	2.835	1.999	0.000	2.730	2.005
42	0.000	2.765	1.964	0.000	2.700	1.907
48	0.000	2.804	1.914	0.000	2.649	1.745

ตาราง ค.13 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณแบคทีริโอคลอโรฟิลล์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	เติมโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.5 กรัม/ลิตร			ไม่เติมสารอาหารใดๆ		
	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 1)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 2)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 3)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 4)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 5)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 6)
0	0.000	2.973	3.050	0.000	0.000	0.000
6	0.000	2.160	2.900	0.000	2.099	2.774
12	0.000	7.292	4.700	0.000	4.510	2.605
18	0.000	9.186	5.922	0.000	8.448	3.281
24	0.000	9.237	6.764	0.000	9.490	4.323
30	0.000	10.774	6.969	0.000	10.275	5.370
36	0.000	11.064	7.164	0.000	11.208	6.208
42	0.000	10.861	6.242	0.000	10.875	6.331
48	0.000	10.109	5.773	0.000	10.266	5.553

ตาราง ค.14 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูหัวความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	เติมโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.5 กรัม/ลิตร			ไม่เติมสารอาหารใดๆ		
	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 1)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 2)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 3)	ไม่เติมเชื้อใดๆ (ตัวอย่างที่ 4)	เติมเชื้อสายพันธุ์8.1 (ตัวอย่างที่ 5)	เติมเชื้อสายพันธุ์55.5 (ตัวอย่างที่ 6)
0	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
6	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
12	6.90	6.95	6.95	6.90	6.95	6.95
18	6.95	7.00	7.05	6.95	6.95	7.00
24	7.00	7.10	7.15	6.95	7.00	7.05
30	7.05	7.20	7.30	7.00	7.10	7.15
36	7.10	7.35	7.45	7.05	7.25	7.25
42	7.10	7.45	7.50	7.10	7.35	7.35
48	7.05	7.50	7.50	7.10	7.45	7.45

ตาราง ค.15 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าซีโอดี), ปริมาณวัตถุแห้ง, ปริมาณรงควัตถุ และ การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

เวลา (ชั่วโมง)	pH	COD (มก./ลิตร)	ปริมาณวัตถุแห้ง (กรัม/ลิตร)	ปริมาณรงควัตถุ (มก./กรัม นน. แห้ง)	
				คาโรทีนอยด์	แบคทีเรียคลอโรฟิลล์
0	6.90	1120.13	0.1020	0.236	0.000
6	7.10	969.89	0.1840	1.567	3.329
12	7.20	877.78	0.2940	2.390	4.167
18	7.30	752.94	0.4065	2.522	5.274
24	7.40	616.28	0.5485	2.544	5.583
30	7.55	536.15	0.6848	2.635	6.708
36	7.70	496.55	0.7186	2.759	7.671
42	7.80	483.07	0.7042	2.822	7.393
48	7.80	474.57	0.6978	2.786	7.022

% COD removal = 57.63

อัตราการเจริญจำเพาะ = 0.050 ต่อชั่วโมง

ตาราง ค.16 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าตรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.13 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย = 0.13 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน

อัตราป้อนสารอินทรีย์เฉลี่ย = 3.75 ลิตร/วัน

COD เฉลี่ย = 1085.78 มก./ลิตร

ระยะเวลาเก็บกัก = 192.0 ชั่วโมง

ปริมาตรถังหมัก = 30 ลิตร

ปริมาตรถังตกตะกอน = 8 ลิตร

ความเข้มแสง = 3,000-4,000 ลักซ์

อุณหภูมิ = 38-40 องศาเซลเซียส

เวลา	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	อัตราการป้อนสารอินทรีย์	pH		COD มก./ลิตร			BOD มก./ลิตร			ปริมาณน้ำคงเหลือแห้ง กรัม/ลิตร			ปริมาณจุลชีพ มก./กรัม-ของแข็ง	
วัน	กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	ลิตร/วัน	inf.	eff.	inf.	eff.	% removal	inf.	eff.	% removal	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	คาโซ่นอยด์	แบคทีเรียคลอโรฟิลล์
1	0.12	3.73	6.95	7.30	1004.06	581.79	42.06	788.67	350.00	54.34	0.2790	0.6975	0.0320	2.725	10.977
2	0.13	3.90	7.00	7.45	1020.05	452.23	55.67	788.67	260.00	62.17	0.4500	0.7955	0.0320	2.739	12.968
3	0.12	3.70	7.00	7.65	1004.79	368.00	63.28	788.67	280.00	66.09	0.5015	0.9600	0.0420	2.797	12.971
4	0.13	3.73	7.00	7.75	1072.91	307.17	71.37	788.67	190.00	75.22	0.6000	0.9290	0.0740	2.849	13.196
5	0.14	3.79	7.05	7.95	1085.23	285.41	73.70	788.67	140.00	81.74	0.6565	1.0929	0.0960	2.880	12.690
6	0.13	3.70	6.95	7.90	1090.83	236.04	78.09	788.67	125.00	83.70	0.7180	1.0958	0.1050	3.028	14.293
7	0.13	3.70	7.00	7.90	1080.16	189.40	82.47	788.67	85.00	89.91	0.8170	1.1000	0.1205	3.299	15.501
8	0.13	3.73	6.95	7.95	1084.00	197.90	81.40	788.67	80.00	89.87	0.8045	1.1540	0.1125	3.674	16.657
9	0.13	3.78	7.00	7.95	1058.20	197.80	81.31	788.67	85.00	89.21	0.8110	1.0948	0.1225	3.671	15.369
10	0.14	3.70	7.00	7.95	1100.12	204.00	81.46	788.67	90.00	88.26	0.7970	1.0965	0.1067	3.644	15.460
11	0.13	3.70	7.00	8.00	1083.76	193.55	82.14	788.67	85.00	89.21	0.7995	1.0995	0.1225	3.516	15.179
12	0.13	3.70	6.95	8.00	1080.82	210.00	80.20	788.67	90.00	88.26	0.8030	1.0075	0.1500	3.442	15.347

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างจากถังหมัก ส่วนที่ 2 เก็บตัวอย่างจากส่วนตกตะกอนที่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ส่วนที่ 3 เก็บตัวอย่างจากส่วนบนที่ล้นออกจากถังตกตะกอน

ตาราง ค.17 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าตรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.49 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย = 0.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน
อัตราป้อนสารอินทรีย์เฉลี่ย = 13.74 ลิตร/วัน
COD เฉลี่ย = 1077.8 มก./ลิตร
ระยะเวลากักเก็บ = 52.3 ชั่วโมง
ปริมาตรน้ำเสีย = 30 ลิตร
ปริมาตรน้ำตะกอน = 8 ลิตร
ความเข้มแสง = 3,000-4,000 ลักซ์
อุณหภูมิ = 36-40 องศาเซลเซียส

เวลา	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	อัตราการป้อนสารอินทรีย์	pH		COD มก./ลิตร			BOD มก./ลิตร			ปริมาณน้ำหักเหแห้ง กรัม/ลิตร			ปริมาณของแข็ง มก./กรัม-ของแข็ง	
วัน	กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	ลิตร/วัน	inf.	eff.	inf.	eff.	% removal	inf.	eff.	% removal	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	คาโบไฮเดรต	แบคทีเรียองค์ประกอบ
1	0.48	13.74	7.00	7.30	1050.92	519.59	50.55	833.33	320.00	61.60	0.4110	0.6652	0.0900	2.952	14.092
2	0.47	13.56	7.10	7.40	1049.99	479.11	54.37	833.33	280.00	66.40	0.5240	0.7450	0.1040	3.859	16.039
3	0.49	13.49	7.10	7.45	1079.00	389.59	63.91	833.33	200.00	76.00	0.5135	0.8410	0.0965	4.096	16.751
4	0.48	13.65	7.00	7.50	1004.58	304.09	69.73	833.33	165.00	80.20	0.7054	0.9250	0.0960	4.100	17.218
5	0.48	13.74	7.05	7.55	1048.99	283.87	72.94	833.33	140.00	83.20	0.8196	1.0207	0.0995	4.149	18.002
6	0.50	13.92	7.05	7.60	1098.52	207.74	80.92	833.33	115.00	86.20	0.8775	1.1425	0.1390	4.347	18.229
7	0.52	13.74	7.00	7.70	1130.55	180.33	84.05	833.33	90.00	89.20	1.0085	1.1790	0.1710	4.580	20.265
8	0.51	13.82	7.10	7.75	1115.23	184.09	83.49	833.33	85.00	89.80	1.0015	1.1840	0.1990	4.647	20.000
9	0.51	13.91	7.10	7.80	1100.55	190.70	82.67	833.33	75.00	91.00	0.9818	1.1760	0.1750	4.117	19.271
10	0.50	13.82	7.10	7.80	1094.00	187.76	82.84	833.33	80.00	90.40	0.9792	1.1543	0.1890	4.072	19.805
11	0.50	13.74	7.05	7.85	1085.45	193.35	82.19	833.33	85.00	89.80	0.9588	1.1415	0.1775	4.195	20.122
12	0.50	13.74	7.05	7.90	1085.30	204.83	81.13	833.33	85.00	89.80	0.9400	1.1500	0.1704	4.007	19.909

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างจากถังผสม ส่วนที่ 2 เก็บตัวอย่างจากส่วนตะกอนที่ด้านล่างของถังตกตะกอน ส่วนที่ 3 เก็บตัวอย่างจากส่วนใสที่ล้นออกจากถังตกตะกอน

ตาราง ค. 18 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าครรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.07 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย = 1.07 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน
อัตราป้อนสารอินทรีย์เฉลี่ย = 29.85 ลิตร/วัน
COD เฉลี่ย = 1078.1 มก./ลิตร
ระยะเวลาเก็บกัก = 24.0 ชั่วโมง
ปริมาตรถังหมัก = 30 ลิตร
ปริมาตรถังตกตะกอน = 8 ลิตร
ความร้อนแฝง = 3,000-4,000 แคล
อุณหภูมิ = 38-40 องศาเซลเซียส

เวลา	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	อัตราการป้อนสารอินทรีย์	pH		COD มก./ลิตร			BOD มก./ลิตร			ปริมาณน้ำหนักแห้ง กรัม/ลิตร			ปริมาณของแข็งระเหย มก./กรัม-น้ำหนักแห้ง	
(วัน)	กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน	ลิตร/วัน	inf.	eff.	inf.	eff.	% removal	inf.	eff.	% removal	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	คาร์โบไฮเดรต	แบคทีเรียกลอโรฟิลล์
1	1.04	29.38	7.05	7.30	1060.66	483.81	54.40	903.33	260.00	67.83	0.4585	0.7945	0.1358	2.503	12.335
2	1.10	30.24	7.00	7.45	1091.90	403.81	63.03	903.33	150.00	81.33	0.5920	0.9383	0.1400	2.912	14.061
3	1.05	29.38	7.00	7.55	1070.96	323.82	69.76	903.33	120.00	86.06	0.6955	1.0474	0.1750	3.510	16.314
4	1.02	29.38	7.00	7.65	1041.11	241.35	76.82	903.33	100.00	87.55	0.8365	1.0990	0.1580	3.914	19.229
5	1.15	31.10	7.05	7.70	1115.23	198.42	82.21	903.33	85.00	90.42	0.9890	1.1245	0.1390	4.151	21.767
6	1.07	29.38	7.00	7.75	1095.40	155.74	85.78	903.33	75.00	90.86	1.0213	1.1440	0.1885	4.857	24.896
7	1.08	30.24	7.05	7.80	1075.45	148.09	86.23	903.33	70.00	91.29	1.1751	1.2290	0.1890	4.842	24.690
9	1.08	30.24	7.10	7.90	1075.45	148.09	86.23	903.33	60.00	92.53	1.1700	1.2275	0.1743	4.948	24.450
9	1.09	31.10	7.00	7.85	1049.09	150.19	85.70	903.33	60.00	92.53	1.1665	1.2235	0.1755	4.999	23.740
10	1.08	29.38	7.00	7.90	1100.12	148.34	86.52	903.33	70.00	91.29	1.1695	1.2200	0.1755	4.797	23.506
11	1.07	29.38	7.05	7.85	1088.52	156.72	85.60	903.33	65.00	91.91	1.1590	1.2195	0.1844	4.803	23.355
12	1.04	30.24	7.05	7.80	1030.55	155.74	84.89	903.33	70.00	91.29	1.1610	1.2235	0.1751	4.700	23.779

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างจากถังหมัก ส่วนที่ 2 เก็บตัวอย่างจากส่วนตกตะกอนที่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ส่วนที่ 3 เก็บตัวอย่างจากส่วนบนที่ล้นออกจากถังตกตะกอน

ตาราง ค.19 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าครรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.56 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย = 1.56 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน

อัตราป้อนสารอินทรีย์เฉลี่ย = 42.17 ลิตร/วัน

COD เฉลี่ย = 1110.74 มก./ลิตร

ระยะเวลาเก็บกัก = 16.0 ชั่วโมง

ปริมาตรถังหมัก = 30 ลิตร

ปริมาตรถังตกตะกอน = 8 ลิตร

ความร้อนแฝง = 3,000-4,000 แคลอรี่

จุลชีพภูมิ = 38-40 องศาเซลเซียส

เวลา	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	อัตราการป้อนสารอินทรีย์	pH		COD มก./ลิตร			BOD มก./ลิตร			ปริมาณน้ำหล่อเลี้ยงแต่ละ กรัมซีโอดี			ปริมาณของกรัดรุ มก./กรัม-วน.แห้ง	
วัน	กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน	ลิตร/วัน	inf.	eff.	inf.	eff.	% removal	inf.	eff.	% removal	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	คาโบไฮเดรต	แบคทีเรียกลอโบซิลล์
1	1.09	43.20	6.95	7.40	1159.23	609.21	47.96	953.33	325.00	61.90	0.3045	0.8095	0.1980	2.925	13.153
2	1.70	43.89	6.95	7.50	1164.34	579.84	50.20	953.33	300.00	64.94	0.4442	0.7540	0.1945	2.904	14.216
3	1.56	42.34	7.00	7.55	1105.97	496.87	55.07	953.33	270.00	69.36	0.5300	0.8133	0.2000	2.911	14.309
4	1.51	42.25	6.90	7.85	1075.00	422.33	60.71	953.33	220.00	73.05	0.8100	0.8945	0.2255	2.943	14.722
5	1.54	42.25	7.00	7.75	1098.87	375.00	65.91	953.33	190.00	77.73	0.8850	0.8010	0.2715	3.755	16.554
6	1.53	42.19	6.90	7.85	1085.30	296.77	72.56	953.33	145.00	93.01	0.7540	0.9450	0.2400	4.294	20.296
7	1.52	41.99	6.85	7.70	1085.45	213.12	80.37	953.33	110.00	87.11	0.8105	0.9000	0.2710	4.240	19.396
8	1.56	41.94	6.90	7.75	1120.45	214.55	80.85	953.33	110.00	87.11	0.8065	1.0830	0.2705	3.539	15.936
9	1.50	41.74	6.90	7.80	1085.45	220.30	79.70	953.33	120.00	85.94	0.7910	1.0134	0.2910	3.723	16.923
10	1.49	41.74	6.90	7.80	1075.00	217.03	79.81	953.33	115.00	86.52	0.8060	0.9650	0.2710	3.703	16.483
11	1.58	41.84	6.95	7.75	1138.10	234.62	79.35	953.33	120.00	85.94	0.8100	0.9979	0.2705	3.796	16.979
12	1.56	41.47	6.95	7.75	1129.57	229.57	79.68	953.33	125.00	85.35	0.7950	1.0042	0.2705	3.810	16.473

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างจากถังหมัก ส่วนที่ 2 เก็บตัวอย่างจากส่วนตกตะกอนที่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ส่วนที่ 3 เก็บตัวอย่างจากส่วนบนที่ไหลออกจากถังตกตะกอน

ตาราง ค.20 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าตรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการ ป้อนสารอินทรีย์ 1.97 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย = 1.97 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน
อัตราป้อนสารอินทรีย์เฉลี่ย = 54.18 ลิตร/วัน
COD เฉลี่ย = 1092.74 มก./ลิตร
ระยะเวลาเก็บกัก = 13.2 ชั่วโมง
ปริมาตรถังหมัก = 30 ลิตร
ปริมาตรถังตกตะกอน = 8 ลิตร
ความเข้มแสง = 3,000-4,000 ลักซ์
จุลชีพ = 38-40 องศาเซลเซียส

เวลา	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	อัตราการป้อนสารอินทรีย์	pH		COD มก./ลิตร			BOD มก./ลิตร			ปริมาณน้ำหนักแห้ง กรัม/ลิตร			ปริมาณสารพิษ มก./กรัม-เซลแห้ง	
วัน	กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน	ลิตร/วัน	inf.	eff.	inf.	eff.	% removal	inf.	eff.	% removal	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	คาโธรีนออล์	เมลที่เบียลดไฮด์
1	2.09	53.57	6.90	7.30	1164.34	620.83	46.68	853.33	400.00	53.12	0.3600	0.4850	0.1755	2.590	11.997
2	1.93	53.74	6.90	7.40	1075.00	568.13	47.15	853.33	370.00	56.64	0.4075	0.5554	0.2481	2.287	10.297
3	2.02	53.74	7.05	7.50	1120.57	496.86	56.01	853.33	320.00	62.50	0.4521	0.6846	0.2329	2.362	10.736
4	2.03	53.57	7.05	7.60	1135.85	451.69	60.23	853.33	295.00	65.43	0.4875	0.7417	0.2650	2.414	11.561
5	1.95	54.00	7.10	7.70	1065.25	368.55	65.32	853.33	255.00	70.12	0.5745	0.8225	0.2577	2.563	11.915
6	2.03	54.00	7.10	7.75	1130.55	343.10	69.65	853.33	240.00	71.87	0.6510	0.8917	0.2715	2.774	12.021
7	1.99	53.57	7.05	7.70	1115.23	376.57	66.23	853.33	215.00	74.80	0.6440	0.8333	0.2734	2.863	13.279
8	1.96	54.00	6.90	7.75	1088.52	356.85	67.22	853.33	210.00	75.39	0.6450	0.8662	0.2945	2.775	11.827
9	1.95	54.43	6.95	7.70	1075.00	467.56	62.09	853.33	220.00	74.22	0.5820	0.8134	0.3170	2.775	11.872
10	1.85	55.64	7.00	7.80	1007.52	424.37	57.88	853.33	245.00	71.29	0.5531	0.6909	0.3481	2.875	11.525
11	1.96	55.21	7.05	7.75	1073.69	481.33	55.17	853.33	250.00	70.70	0.5304	0.6490	0.3920	2.719	11.343
12	1.90	55.30	7.05	7.80	1032.40	452.72	56.15	853.33	265.00	68.95	0.5705	0.6471	0.3831	2.648	11.259

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างจากถังหมัก ส่วนที่ 2 เก็บตัวอย่างจากส่วนตกตะกอนที่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ส่วนที่ 3 เก็บตัวอย่างจากส่วนบนที่ไหลออกจากถังตกตะกอน

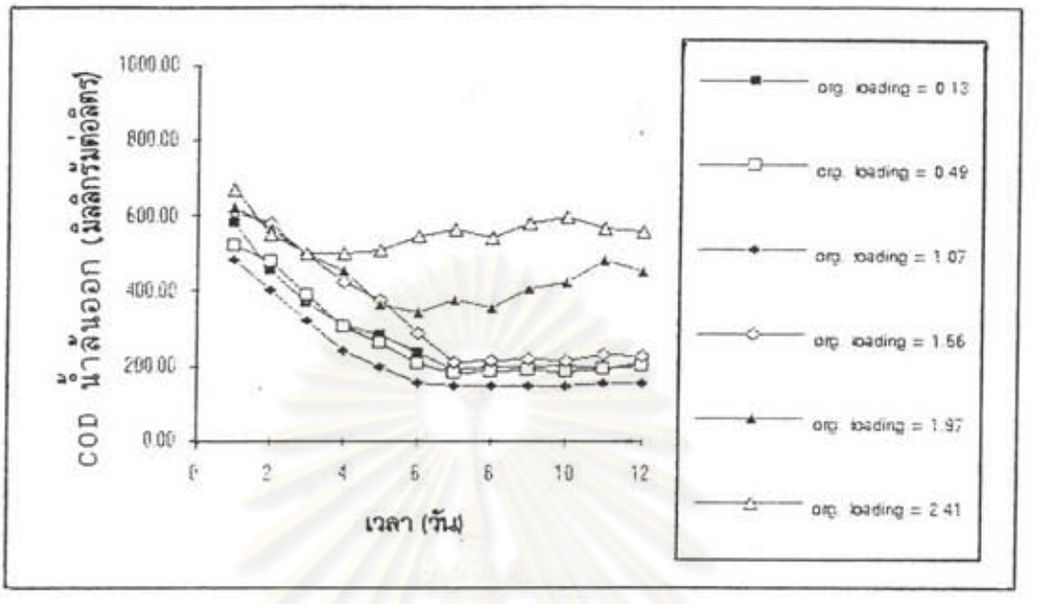
ตาราง ค.21 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าตรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.41 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย = 2.41 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน
อัตราไหลสารอินทรีย์เฉลี่ย = 67.31 ลิตร/วัน
COD เฉลี่ย = 1073.8 มก./ลิตร
ระยะเวลาเก็บกัก = 10.8 ชั่วโมง
ปริมาตรถังหมัก = 30 ลิตร
ปริมาตรถังตกตะกอน = 8 ลิตร
ความร้อนแฝง = 3,000-4,000 กิโลจูล
จุลภาคภูมิ = 38-40 องศาเซลเซียส

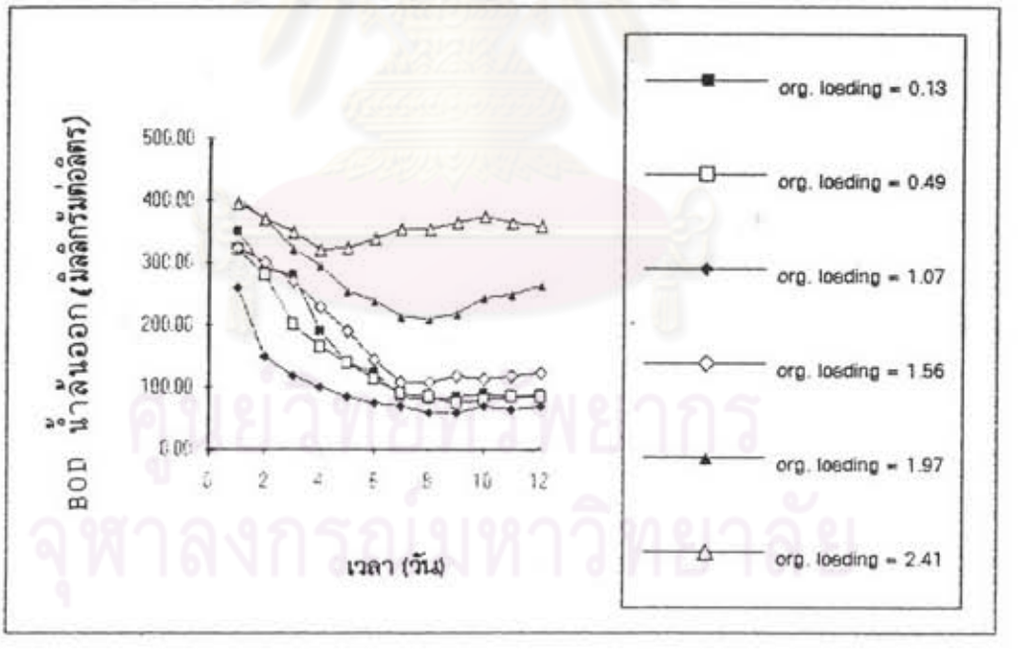
เวลา	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	อัตราการไหลสารอินทรีย์	pH		COD มก./ลิตร			BOD มก./ลิตร			ปริมาณน้ำหมักแห้ง กรัม/ลิตร			ปริมาณธาตุอาหาร มก./กรัมน้ำหมักแห้ง	
วัน	กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน	ลิตร/วัน	inf.	eff.	inf.	eff.	% removal	inf.	eff.	% removal	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	คาร์บอนอยู่	แอมโมเนียคลอไรด์
1	2.58	65.86	6.90	7.20	1180.59	666.87	43.55	648.87	395.00	39.35	0.3670	0.4500	0.3555	2.420	9.526
2	2.29	65.23	6.75	7.30	1047.82	548.10	47.69	648.87	370.00	56.30	0.4080	0.5210	0.3000	2.411	11.169
3	2.22	66.10	6.90	7.40	1009.52	500.00	50.47	648.87	350.00	58.66	0.4375	0.5750	0.2950	2.486	12.250
4	2.52	66.53	6.95	7.50	1135.95	497.50	56.20	648.87	320.00	62.20	0.4867	0.5513	0.3145	3.012	13.899
5	2.45	66.53	6.95	7.60	1102.73	507.69	53.95	648.87	325.00	61.81	0.5130	0.6325	0.3510	2.969	11.136
6	2.43	66.96	6.90	7.70	1087.87	644.12	40.98	648.87	340.00	59.84	0.5251	0.7054	0.3257	2.876	12.806
7	2.24	67.22	6.95	7.70	1000.00	561.71	43.83	648.87	355.00	58.07	0.4250	0.6360	0.3465	2.444	13.000
8	2.44	67.39	6.90	7.65	1084.80	542.98	49.95	648.87	355.00	58.07	0.4540	0.6515	0.3630	2.229	12.892
9	2.45	67.82	6.95	7.65	1083.33	590.45	45.42	648.87	365.00	56.89	0.4400	0.6135	0.3020	2.157	12.480
10	2.38	68.26	6.90	7.70	1047.82	597.55	42.96	648.87	375.00	55.71	0.4520	0.6075	0.3425	2.186	12.100
11	2.33	69.12	6.90	7.75	1010.15	566.45	43.92	648.87	365.00	56.89	0.4336	0.5750	0.3967	2.319	12.250
12	2.58	70.85	6.95	7.75	1092.90	560.00	48.76	648.87	360.00	57.48	0.4534	0.5990	0.3675	2.173	12.479

ตัวที่ 1 เก็บตัวอย่างจากถังหมัก ตัวที่ 2 เก็บตัวอย่างจากส่วนตกตะกอนที่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ตัวที่ 3 เก็บตัวอย่างจากส่วนบนที่ล้นออกจากถังตกตะกอน

(ก)

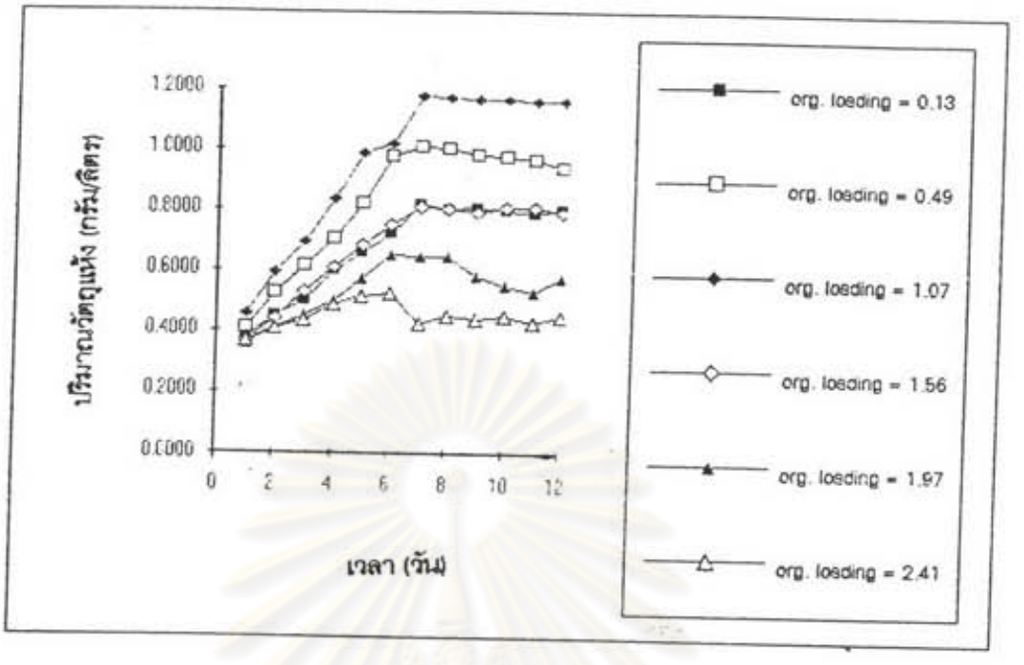


(ข)

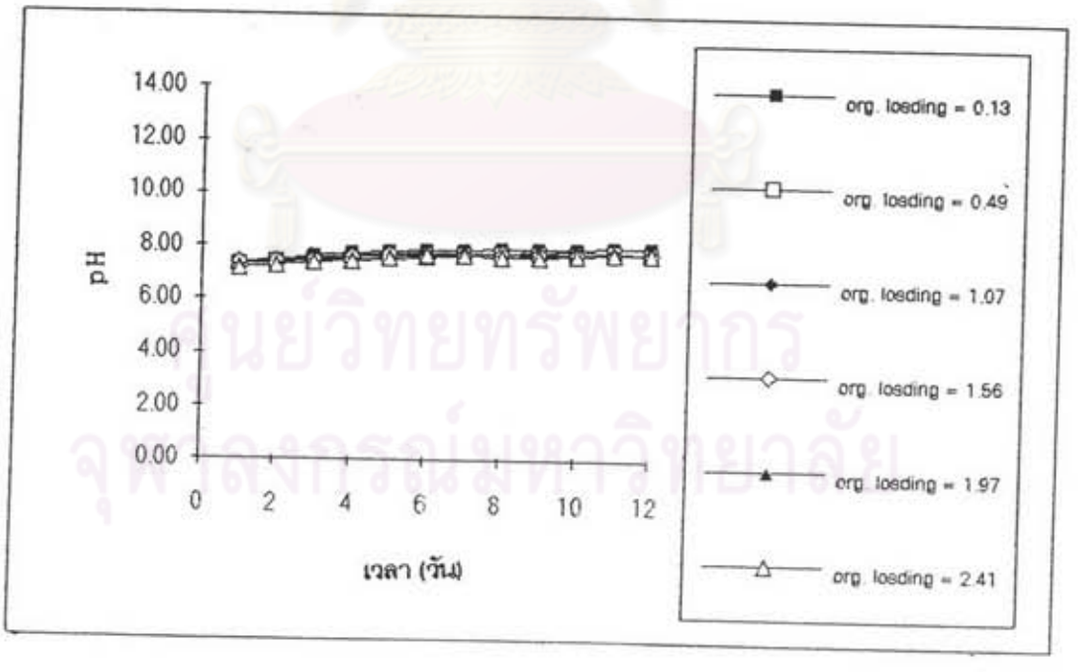


รูปที่ ค.1 แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง (ก) ค่าซีโอดี และ (ข) ค่าบีโอดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



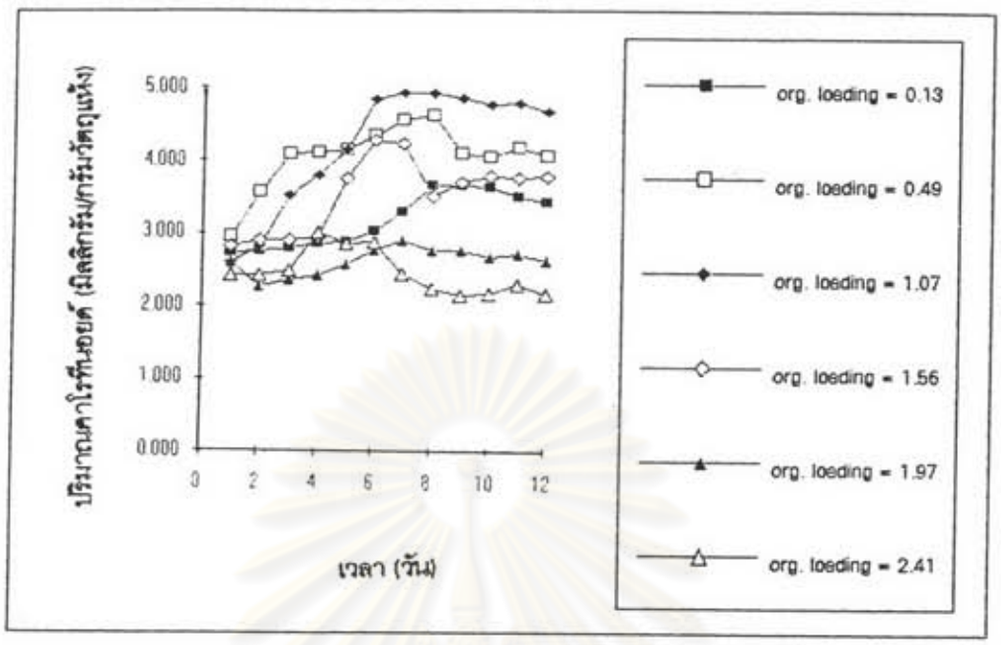
รูปที่ ค.2 แสดงปริมาณวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง



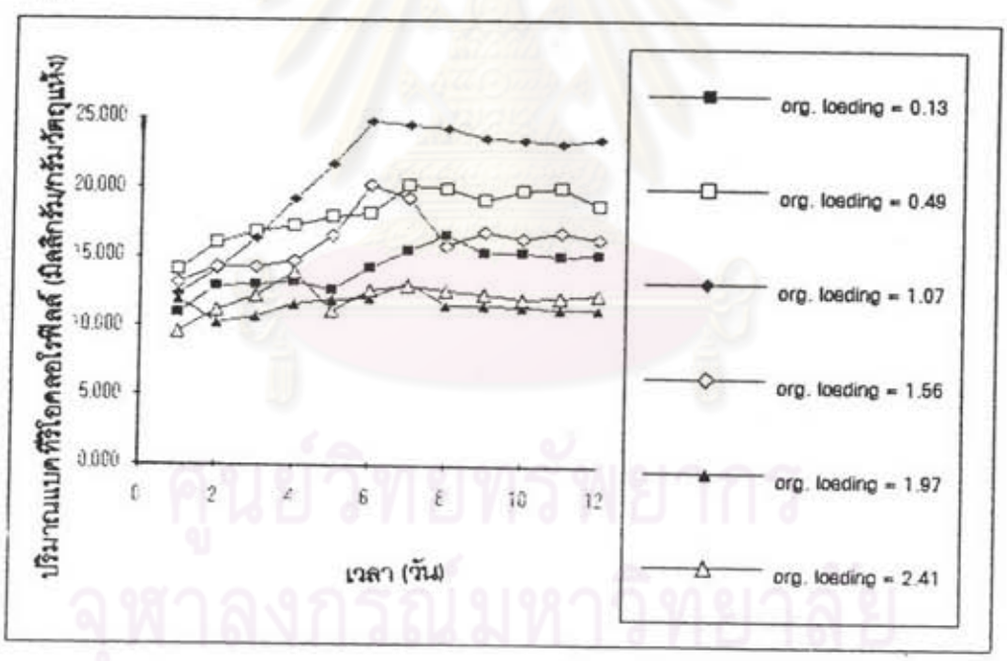
รูปที่ ค.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ก)



(ข)



รูปที่ ค.4 แสดงปริมาณแรงควัตถุระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 เติมอาหารแบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง (ก) คาโรทีนอยด์ และ (ข) แบคทีโรคลอโรฟิลล์

ภาคผนวก ง

ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล

ตาราง ง.1 ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูลของตรรชนีต่างๆที่สภาวะคงตัว

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์		กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน	0.13	0.49	1.07	1.56	1.97	2.41
อัตราการป้อนสารอินทรีย์		ลิตร/วัน	3.75	13.74	29.95	42.17	54.18	67.31
ระยะเวลาเก็บกัก		ชั่วโมง	192.0	52.3	24.0	16.6	13.2	10.8
สารอินทรีย์ที่ป้อน	pH		3.68	0.58	0.54	0.55	0.90	0.39
	COD	มิลลิกรัม/ลิตร	1.53	1.63	2.39	2.39	3.66	3.84
	BOD	มิลลิกรัม/ลิตร	0	0	0	0	0	0
น้ำทิ้งหลังการบำบัด	pH		0.48	0.04	0.52	0.49	0.68	0.62
	COD	มิลลิกรัม/ลิตร	3.70	4.48	2.64	3.92	11.16	19.25
	BOD	มิลลิกรัม/ลิตร	4.39	6.20	1.95	5.19	9.49	2.09
ปริมาณวัตถุแห้งในสังหมัก		กรัม/ลิตร	1.24	6.44	0.51	1.00	7.98	2.71
ปริมาณรงควัตถุ	คาโรทีนอยด์	มิลลิกรัม/กรัมวัตถุแห้ง	4.26	6.04	2.00	6.14	3.20	4.98
	แบคทีริโอคลอโรฟิลล์	มิลลิกรัม/กรัมวัตถุแห้ง	3.42	2.70	2.17	7.30	5.25	2.65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ปิยะรัตน์ ธนโกเศศ เกิดวันที่ 13 มกราคม 2513 ที่จังหวัดสมุทรสาคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2534

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย