

รายการอ้างอิง

- มานิตย์ อัครวารีย์ และธิดา เพชรมณี 2534. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของคลอโรพลาสต์ในห้องปฏิบัติการ เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2534. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา.
- สมรลักษณ์ แจ่มแจ้ง. 2542. สภาวะที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่ายขนาดเล็ก วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Amoroso, G., Sultemeyer, D., Thyssen, C. and Fock, H.P. 1998. Uptake of HCO_3^- and CO_2 in cells and chloroplasts from the microalgae *Chlamydomonas reinhardtii* and *Dunaliella tertiolecta*. Plant Physiol. 116:193-201.
- Beaker, E.W. 1994. Microalgae: biotechnology and microbiology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bold, H.C. and Wynne, M.J. 1978. Introduction to the algae: structure and reproduction. New Jersey: Prentice-Hill.
- Douglas C. Montgomery.1997. Design and analysis of experiments. Arizona State University:John Wiley & Sons.
- Hanagata. N., Takeuchi. T., Fukuju. Y., David J. Barnes and Karube. Isao. 1992. Tolerance of Microalgae to high CO_2 and high temperature. Phytochemistry. 31 (10): 3345-3348.
- Hirata. S., Hayashitani. M., Taya. M., and Tone. S. 1996. Technical Note Carbon Dioxide Fixation in Batch Culture of *Chlorella* sp. Using a Photobioreactor with a Sunlight-Collection Device. Journal of Fermentation and Bioengineering. 81(5):470-472.
- Hoek, C.V., Mann, D.G. and Jahns, H.M. 1995. Algae: an introduction to phycology. USA:Cambridge University press.
- Kodama, M., Ikemoto, H. and Miyachi, S. 1993. A new species of highly CO_2 -tolerant growing marine microalga suitable for high-density culture. J Mar Biotechnol 1:21-25.
- Maeda. K., Owada. M., Kimura. K., Omata. K., and Karube I. 1996. CO_2 fixation from the flue gas on coal-fired thermal power plant by microalgae. Energy Convers. Mgmt. 36(6-9):717-720.

- Miyairi. S. 1995. CO₂ Assimilation in a thermophilic cyanobacterium. Energy Convers. Mgmt. 36(6-9):763-766.
- O'riordan, T. ed. 1995. Environmental science for environmental management. Singapore: Longman.
- Peter G. Brewer and Joel C. Goldman. 1976. Alkalinity changes generated by phytoplankton growth. Limnology and Oceanography. 21(1):108-117.
- Sakai. N., Sakamoto. Y., Kishimoto. N., Chihara. M., and Karube. I. 1995. Chlorella Strains From Hot Springs Tolerant To High Temperature And High CO₂. Energy Converse. Mgmt 36(6-9): 693-696.
- Sharma, O.P. 1992. Textbook of algae. London:Mcgraw-Hill.
- Takeuchi. T., Utsunomiya. K., Kobayashi. K., Owada. M., and Karube. I. 1992. Carbon dioxide fixation by a unicellular green alga Oocystis sp. Journal of Biotechnology. 25:261-267.
- Yan. G., Yu. J. and Wang Y. 1996. The Effects of pH and Temperature on Orthophosphate removal by immobilized Chlorella vulgaris. Biotechnology Letters. 18(8):893-896.
- Yanagi, M., Watanabe, Y., and Saiki, H. 1995 CO₂ FIXATION BY *Chlorella sp.* HA-1 AND ITS UTILIZATION. Energy Converse. Mgmt 36(6-9): 713-716.
- Watanabe. Y. and Saiki. H. 1997. Development of a photobioreactor incorporating Chlorella sp. For removal of CO₂ in stack gas. Energy Convers. Mgmt. 38:Suppl. S499-S503.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงสาหร่ายสูตร NS III (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ที่ได้ทำการปรับปรุง

สารเคมี	ปริมาณของสารเคมี (กรัม)	ปริมาตรของสารละลายสุดท้าย (มล.)	ปริมาณการใช้ (มล./ลิตร)
KNO ₃	10.11	100	5.74
KH ₂ PO ₄ ⁺	12.00		
K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	14.20	100	1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	6.20	100	2
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.74	100	2
NaCl	11.68	100	0.1
Micro A		100 มล. ของ A1+1มล. ของ A2	2
A1			
KBr	0.238	+ HCl 1.2 มล.	
KI	0.166	ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้	
LiCl	0.00848	ปริมาตร 400 มล.	
H ₃ BO ₃	0.0308		
A2			
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.144	+ HCl 0.3 มล.	
NiSO ₄ ·6H ₂ O	0.658	ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้	
CoSO ₄ ·7H ₂ O	0.070	ปริมาตร 100 มล.	
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.125		
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	0.167		
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0.044		
NH ₃ VO ₃	0.029		
Micro B		+ HCl 3 มล.ปรับปริมาตรด้วย	2
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.05	น้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร	
Micro C		+ HCl 0.6 มล.	2
Fe(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	0.81	ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้	
Na-EDTA	0.75	ปริมาตร 100 มล.	

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระและวิธีวิเคราะห์ค่าสภาพต่างทั้งหมด
วิธีวิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์

1. ใช้น้ำตัวอย่างจำนวน 10 มิลลิลิตร
2. เติมฟีนอล์ฟธาไลน์ 2 หยด (0.1 มล.) ตัวอย่างน้ำจะไม่มีสี
3. ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 นอร์มัลจนเกิดสีชมพู จดปริมาตรที่ใช้
4. ทำการไตเตรตอีกครั้ง โดยใช้ปริมาตรตัวอย่างเท่าเดิม เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบปริมาณจากการไตเตรตครั้งแรกลงไปโดยไม่ต้องเขย่า เมื่อใกล้จุดยุติ เขย่าเบา ๆ ค่อยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จนเกิดสีชมพู ซึ่งการไตเตรตครั้งที่สองนี้จะไม่สูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป

การคำนวณหาปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์

$$\text{มก. CO}_2/\text{l} = \frac{A \times N \times 44000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

A = มิลลิลิตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต

N = นอร์มัลลิตี ของโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีวิเคราะห์ค่าสภาพต่างทั้งหมด

1. ใช้น้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร
2. หยดอินดิเคเตอร์ผสมระหว่างบรอมครีซอลกรีนและเมทิลเรด 3 หยด
3. ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัลจากสีฟ้าจนเป็นสีชมพูอมส้ม จดปริมาตรที่ใช้

การคำนวณหาปริมาณสภาพต่างทั้งหมด

$$\text{สภาพต่างทั้งหมด mg CaCO}_3/\text{l} = \frac{B \times N \times 50000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

B = ปริมาตร (มล.) ของสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรตถึงจุดยุติของเมทิลออเรนจ์หรืออินดิเคเตอร์ผสม

N = นอร์มัลลิตีของสารละลายกรดมาตรฐาน

ภาคผนวก ค. ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระที่ได้จากการคำนวณ

วันที่ของการเลี้ยง (วัน)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
0		77.44	53.24	77.44				
1	53.72	108.42	115.19	108.42				
2	76.47	71.63	60.02	71.63	50.34			
3	58.08	77.44	53.24	77.44	49.85	53.72	50.34	53.72
4	67.76	72.60	53.24	72.60	69.70	53.24	80.34	53.24
5	52.27	77.44	54.21	77.44	73.08	112.29	119.06	154.88
6	59.05	79.38	50.34	77.44	75.50	116.16	130.68	164.56
7	54.21	76.47	49.37	76.47	75.50	130.68	125.84	174.24
8	49.37	145.20	58.08	116.16	56.14	131.65	145.20	193.60
9	58.08	164.56	76.47	164.56	53.72	135.52	147.14	198.44
10	67.76	140.36	104.54	146.17	43.56	124.87	141.33	212.96
11	106.48	131.65	116.16	131.65	50.34	121.00	135.52	203.28
12	106.48	101.64	116.16	101.64	53.24	116.16	133.58	174.24
13	79.38	145.20	107.45		62.92	106.48	133.58	164.56
14	82.28	135.52	125.84		62.92	121.00	130.68	183.92
15	82.28	135.52	127.78			106.48	125.84	183.92
16	83.25	125.84				106.48		
17						102.61		

ภาคผนวก ง. ค่าสภาพต่างทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณแล้ว

วันที่ของการเลี้ยง (วัน)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
0		11.40	20.43	11.40				
1	19.95	0.00	0.00	0.00				
2	0.00	18.05	13.30	18.05	20.90			
3	15.20	12.35	18.05	12.35	22.80	19.95	20.90	19.95
4	3.80	17.10	14.25	17.10	24.70	19.95	28.50	19.95
5	18.05	19.00	20.90	19.00	24.70	21.85	34.20	21.85
6	15.20	18.05	20.90	19.00	26.60	20.90	38.00	20.90
7	19.00	18.05	20.90	18.05	33.25	34.20	45.60	36.10
8	22.80	19.00	9.50	18.05	47.50	34.20	56.05	38.00
9	14.25	17.10	1.90	17.10	53.20	30.40	61.75	42.75
10	4.75	19.00	1.90	28.50	59.38	45.60	64.60	45.60
11	0.00	33.25	1.90	33.25	64.13	47.50	66.50	47.50
12	4.75	19.00	22.80	19.00	68.40	61.75	71.25	65.55
13	18.05	28.50	22.80		69.35	71.25	74.10	66.50
14	19.00	31.35	23.75		80.75	68.40	76.00	68.40
15	23.75	36.10	28.50			71.25	80.75	71.25
16	25.65	38.00				74.10		
17						76.00		

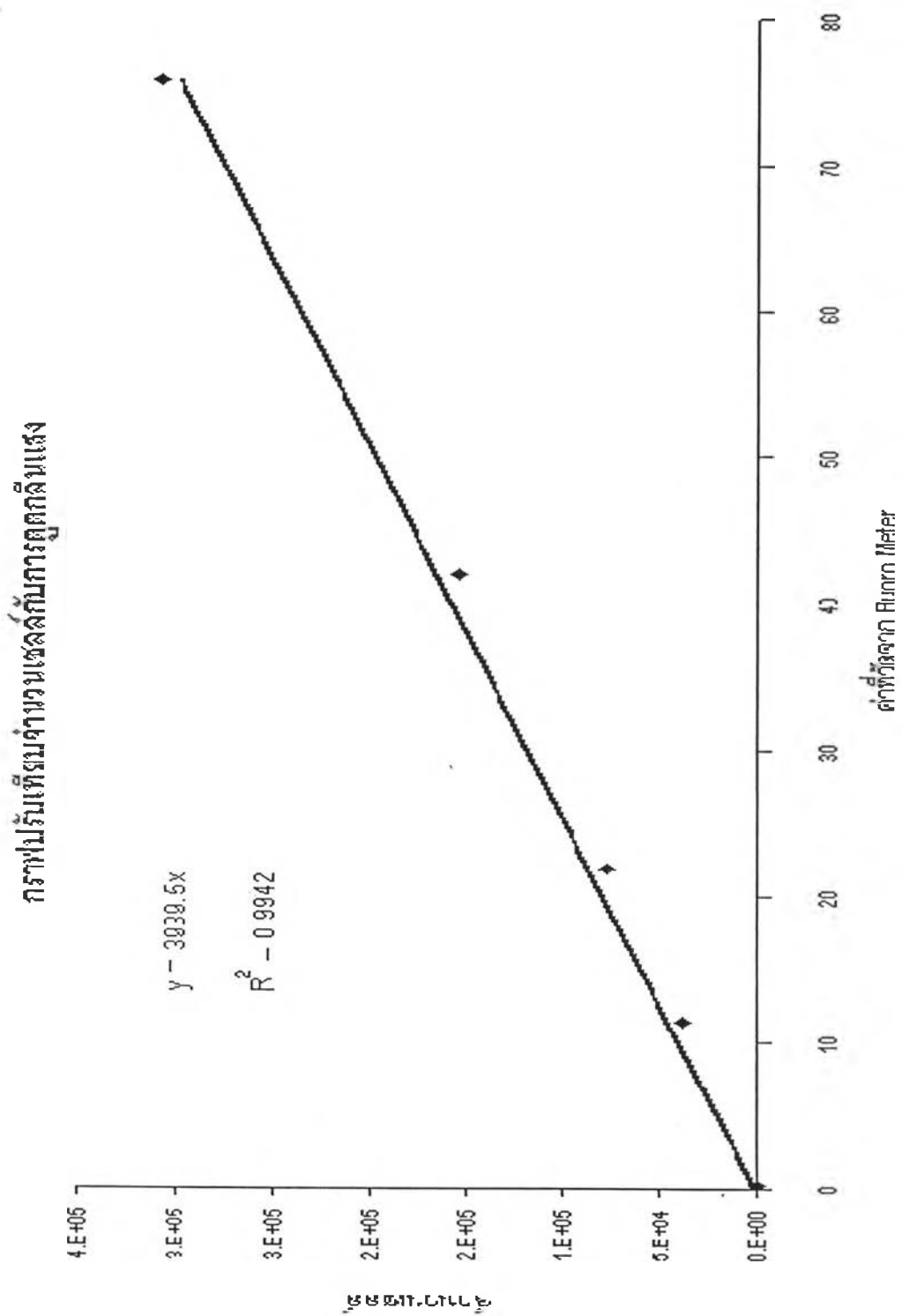
ภาคผนวก จ. อุณหภูมิขณะที่วิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระและวิเคราะห์ค่าสภาพต่างทั้งหมด

วันที่ของการเลี้ยง (วัน)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
0	31.1	31.7	31.5	31.6	30.3	33	30.2	33.1
1	31.2	31.8	31.5	31.6	32.1	32.8	30.2	32.7
2	31.3	31.8	31.3	31.8	31.2	33.1	31.3	32.9
3	31.6	31.4	31.4	31.3	31	33	31.3	33.5
4	31.2	32	31.0	32.4	30.6	33.5	30.5	34
5	31.5	32.5	31.0		29.6	33.3	29.5	33.8
6	31.2	33.3	31.0		29.4	33.2	29.5	34.4
7	29.9		29.6	32.3	29.4	34.1	29.2	34.6
8	29.9	30.9	30.1	31.6	29.7	33.3	29.4	33.6
9	29.1	29	29.3	29.3	30.3	35.6	28.2	
10	29.2	30.2	29.4	31.2	31.0	30.2	28.9	31
11	29.9	31.9	30.1	32.5	31.6	28.1	29.5	28.6
12	30.9	32.3	31.1	32.8	31.6	27.6	29.5	27.9
13	31.6	30.5	32.0		31.7	27.4	29.6	27.7
14	30.9		31.1		32.2	27.8	30.1	28.7
15	31.2		31.6			29.9		30.7
16	31.6					31.3		
17	31.6					31.8		
18	31.6							

ภาคผนวก ฉ. ค่า pH ที่ขณะวิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระและวิเคราะห์ค่าสภาพต่างทั้งหมด

วันที่ของการเลี้ยง (วัน)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
0	6.74	6.76	6.78	6.76	6.70	6.7	6.69	6.7
1	6.74	6.72	6.78	6.76	6.70	6.68	6.69	6.71
2	6.68	6.73	6.76	6.76	6.68	6.69	6.67	6.7
3	6.69	6.74	6.76	6.77	6.72	6.7	6.74	6.69
4	6.69	6.75	6.78	6.79	5.92	6.67	5.62	6.7
5	6.70	6.76	6.80		6.00	5.56	5.48	5.55
6	6.74	6.76	6.79		5.77	5.63	5.37	5.55
7	6.76		6.78	6.86	6.29	5.68	5.61	5.6
8	6.74	5.75	6.76	5.94	6.62	5.76	5.72	5.68
9	6.71	5.55	6.78	5.53	6.67	5.9	5.82	
10	6.03	5.63	5.70	5.67	6.69	5.85	6.04	5.8
11	5.65	5.76	5.59	5.69	6.83	5.87	6.18	5.79
12	5.70	5.99	5.63	6.03	6.52	5.97	5.87	5.93
13	5.90	6.29	5.72		6.53	5.98	5.98	5.94
14	5.91		5.76		6.51	5.93	6.16	5.93
15	5.83		5.60			6.11		5.97
16	5.75					6.11		
17	5.67					6.21		
18	6.07							

ภาคผนวก ข กราฟ Calibration เครื่อง Fluorometer



ภาคผนวก ข ผลการทดลองซ้ำ R1

วันที่เลี้ยง (วัน)	ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มล.)	log(N)	Free CO ₂ (mg/ml.)	Total Alkalinity (mg/ml.)	Temp (°C)	pH
0	3152	3.50			31.5	6.75
1	8273	3.92	60.98	19.95	31.2	6.74
2	21667	4.34	57.11	19.00	32.0	6.75
3	31122	4.49	54.21	15.20	32.2	6.69
4	55153	4.74	55.18	11.40	30.0	6.73
5	102427	5.01	56.14	12.35	30.0	6.73
6	197763	5.30	72.60	15.20	31.0	5.89
7	363616	5.56	78.41	19.00	31.2	5.55
8	711080	5.85	86.15	22.80	31.3	5.62
9	829659	5.92	116.16	23.75	30.2	5.65
10	910025	5.96	116.16	23.75	31.0	5.57
11	945480	5.98	106.48	24.70	32.1	5.89
12	1000633	6.00	94.86	25.65	32.1	5.90
13	1024270	6.01	82.28	24.70	30.9	5.90
14	1032149	6.01	83.25	26.60	31.0	5.91

ภาคผนวก ฅ ผลการทดลองซ้ำ R4

วันที่เลี้ยง (วัน)	ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มล.)	log(N)	Free CO ₂ (mg/ml.)	Total Alkalinity (mg/ml.)	Temp (°C)	pH
0	3317	3.52	55.18	17.10	31.5	6.75
1	7739	3.89	58.08	17.10	31.2	6.74
2	14372	4.16	53.24	18.05	31.8	6.75
3	27638	4.44	77.44	19.00	31.3	6.73
4	61356	4.79	62.92	17.10	32.5	6.73
5	84572	4.93	53.24	19.00	30.0	6.73
6	96733	4.99	55.18	19.00	31.0	5.67
7	114974	5.06	82.28	18.05	32.2	5.43
8	322812	5.51	116.16	19.95	31.3	5.53
9	530650	5.72	164.56	23.75	30.2	5.65
10	884416	5.95	146.17	28.50	31.0	5.67
11	1077882	6.03	145.20	33.25	32.1	5.89
12	1298986	6.11	130.68	34.20	32.1	5.90
13	1304514	6.12	125.84	36.10	30.9	5.60
14	1326624	6.12	123.90	36.10	31.0	5.63

ภาคผนวก ญ ผลการทดลองซ้ำ R6

วันที่เลี้ยง (วัน)	ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มล.)	log(N)	Free CO ₂ (mg/ml.)	Total Alkalinity (mg/ml.)	Temp (°C)	pH
0	2698	3.43			32.0	6.76
1	20930	4.32			31.8	6.76
2	87144	4.94			32.0	6.75
3	125529	5.10	62.92	20.90	32.2	6.08
4	898983	5.95	84.22	22.80	31.5	5.54
5	1689710	6.23	147.14	23.75	30.0	5.60
6	4165529	6.62	116.16	28.50	31.0	5.53
7	5969615	6.78	156.82	34.20	31.2	5.61
8	7600969	6.88	174.24	34.20	31.3	5.62
9	8733320	6.94	169.40	39.90	30.2	5.65
10	9817691	6.99	145.20	51.30	31.0	5.70
11	11401064	7.06	154.88	61.75	30.8	5.89
12	11506622	7.06	140.36	66.50	31.0	6.10
13	9099634	6.96	106.48	71.25		
14	10818318	7.03	121.00	68.40		

ภาคผนวก ฎ ผลการทดลองซ้ำ R8

วันที่เลี้ยง (วัน)	ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มล.)	log(N)	Free CO ₂ (mg/ml.)	Total Alkalinity (mg/ml.)	Temp (°C)	pH
0	3657	3.56			31.2	6.76
1	19971	4.30			31.5	6.76
2	79467	4.90			32.0	6.75
3	144721	5.16	53.72	18.05	31.6	5.89
4	481548	5.68	96.80	19.95	32.0	5.43
5	1248284	6.10	116.16	23.75	32.1	5.48
6	2255885	6.35	164.56	22.80	31.8	5.53
7	4731705	6.68	174.24	36.10	31.2	5.51
8	5854460	6.77	193.60	39.90	31.3	5.60
9	7116361	6.85	159.72	42.75	30.2	5.59
10	8378261	6.92	183.92	45.60	31.0	5.65
11	9577786	6.98	203.28	49.40	30.8	5.73
12	9289900	6.97	174.24	57.00	31.0	5.90



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 พญาไท กรุงเทพฯ 10330 โทร. 218-8030-2, 254-0211 โทรสาร (662) 254-0211

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH EQUIPMENT CENTRE CHULALONGKORN UNIVERSITY

CHULALONGKORN SOI 62 PHAYA-THAI ROAD BANGKOK 10330 THAILAND TEL. 218-8030-2, 254-0211 FAX: (662) 254-0211

รายงานเลขที่ 027/2544

รายงานผลการวิเคราะห์

งานวิจัยเรื่อง
ผู้ส่งตัวอย่าง
วิธีวิเคราะห์

การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพสำหรับตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยสาหร่ายขนาดเล็ก
นาย ชาญชัย อมรัตน์านุเคราะห์

Pyrolysis in High-Purity Oxygen (Static-State Oxidation)
Gas Chromatographically Separated by Frontal Analysis
Quantitatively Detected by Thermal Conductivity Detector

เครื่องมือวิเคราะห์
วันรับตัวอย่าง
วันส่งผลวิเคราะห์
ผลวิเคราะห์

CHNS/O ANALYSER (PERKIN ELMER PE2400 SERIES II)

28 มีนาคม 2544

9 เมษายน 2544

ชื่อตัวอย่าง	C (μg)	N (μg)	C/N mol.ratio	ชื่อตัวอย่าง	C (μg)	N (μg)	C/N mol.ratio
R1 18/1/44	6.34	3.85	1.921	R5 31/10/44	2.95	3.04	1.134
R1 20/1/44	14.11	5.46	3.012	R5 4/11/44	75.60	16.80	5.248
R1 23/1/44	36.71	7.89	5.423	R5 10/11/44	219.46	40.89	6.260
R2 9/2/44	7.70	2.63	3.415	R6 5/3/44	12.39	4.25	3.398
R2 13/2/44	36.82	7.28	5.900	R6 10/3/44	110.45	22.87	5.631
R2 18/2/44	62.48	12.95	5.626	R6 17/3/44	266.56	50.00	6.217
R3 9/2/44	6.12	3.64	1.959	R7 24/3/44	10.93	4.80	2.676
R3 13/2/44	8.35	4.05	2.406	R7 1/4/44	87.61	32.75	5.818
R3 18/2/44	16.99	5.66	3.498	R7 7/4/44	167.06	60.28	6.084
R4 9/2/44	9.22	4.46	2.412	R8 5/3/44	12.99	4.68	3.237
R4 11/2/44	17.06	5.26	3.782	R8 10/3/44	87.61	18.11	5.642
R4 13/2/44	29.24	7.29	4.680	R8 17/3/44	167.06	31.74	6.138

(นางสาว อัมพร อึ้งปรกรณ์แก้ว)

ผู้วิเคราะห์

หมายเหตุ ผลการทดสอบที่ได้รับนี้เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบจากศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชาญชัย อมรรัตนานุเคราะห์ เกิดเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2517 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีวิศวกรรม) จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2539 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จากภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540

