ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองในส่วนความเข้มข้นของ *Chlorella* sp.

โดยใช้ก๊าซชีวภาพดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ก.1 ความเข้มข้นของ *Chlorella* sp. ที่ใช้ก๊าซชีวภาพดิบ

วัน/อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ	0.05 วีวีเอ็ม	optical density	ความเข้มข้น *Chlorella* sp.(มก./ล.)	ความเข้มข้นเฉลี่ย	vss (มก./ล.)	vss เฉลี่ย
1	เริ่ม	1.579	841	848	849	849.5
		1.56	855		850	
	หยุด	1.52	839	829.5	820	821
		1.498	820		822	
2	เริ่ม	1.443	759	741	755	739
		1.424	723		723	
	หยุด	1.478	700	707	699	700.5
		1.491	714		702	
3	เริ่ม	1.411	650	674.5	649	630.5
		1.437	699		612	
	หยุด	1.387	653	650.5	652	646
		1.375	648		640	
4	เริ่ม	1.297	535	551	501	475.5
		1.301	567		450	
	หยุด	1.201	456	457.5	400	405
		1.234	459		410	
5	เริ่ม	1.094	388	388.5	370	371
		1.1	389		372	
	หยุด	1.112	375	362.5	365	354
		1.115	350		343	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ก.1 ความเข้มข้นของของ *Chlorella* sp. ที่ใช้ก๊าซชีวภาพดิบ **(ต่อ)**

วัน/อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ	0.05 วีวีเอ็ม	optical density	ความเข้มข้น*Chlorella* sp.(มก./ล.)	ความเข้มข้นเฉลี่ย	vss (มก./ล.)	vss เฉลี่ย
6	เริ่ม	0.926	317	318	288	284
		0.927	319		280	
	หยุด	0.98	345	366	309	348.5
		0.981	387		388	
7	เริ่ม	0.835	355	339	353	343
		0.835	323		333	
	หยุด	0.855	357	378	359	374.5
		0.859	399		390	
8	เริ่ม	0.794	330	326	326	313.5
		0.796	322		301	
	หยุด	0.825	315	315.5	300	307
		0.777	316		314	
9	เริ่ม	0.684	278	273	283	271
		0.683	268		259	
	หยุด	0.55	269	265	251	249.5
		0.545	261		248	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองของใช้ก๊าซชีวภาพดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข.1 ผลการทดลองของใช้ก๊าซชีวภาพดิบที่เข้า - ออกระบบ

0.05vvm raw gas		1hrs (%)		4hrs (%)		8hrs (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out
day 1	CH_4	62.2	64.9	63.4	60.7	62.8	60.6
	CO_2	24.9	22.7	25.2	25	24.7	24.5
Temp37.3	O_2	1	1.2	0.9	1.3	1	1.2
	H_2S	708	0	774	69	1081	189
	Bal	11.9	11.2	10.5	13.1	11.5	13.7
day 2	CH_4	62.4	63.9	62.4	63.4	62.7	63.1
	CO_2	25.8	25.1	26.8	25.2	25.8	26.3
Temp38.8	O_2	1.5	1.6	1.1	1.2	1.3	1
	H_2S	1124	65	805	73	847	144
	Bal	10.3	10.4	9.7	10	10.2	9.6
day 3	CH_4	65.2	64	64.7	62.1	65.4	62.7
	CO_2	26	25.1	26.5	25.5	25.4	24.8
Temp35.4	O_2	1.2	1.6	1.5	1.6	1.3	1.8
	H_2S	408	0	563	55	877	73
	Bal	7.6	9.3	7.3	10.8	7.9	10.7
day 4	CH_4	63.7	64.8	64.1	65.3	63.9	63.2
	CO_2	25.9	23.6	25.8	23.7	25.5	25.4
Temp37.6	O_2	1.4	1.7	1.4	1.5	1.5	1.4
	H_2S	1855	143	1259	267	896	204
	Bal	9	9.9	8.7	9.5	9.1	10
day 5	CH_4	64.4	63.9	64.6	67.1	64.4	62.2
	CO_2	24.6	23.3	24.9	22.5	24.8	25
Temp39.1	O_2	1.2	1.6	1.5	1.7	1.1	1.8
	H_2S	899	150	1374	163	1088	289
	Bal	9.8	11.2	9	8.7	9.7	11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข.1 ผลการทดลองของใช้ก๊าซชีวภาพดิบที่เข้า – ออกระบบ **(ต่อ)**

0.05vvm raw gas		1hrs (%)		4hrs (%)		8hrs (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out
day 6	CH_4	64.8	64.1	64.3	64.6	63.9	62.6
	CO_2	25.1	25	25.2	24.2	25.2	23.5
Temp38.5	O_2	1.3	1.5	1.3	2	1.4	1.8
	H_2S	578	37	501	77	746	183
	Bal	8.8	9.4	9	9.2	9.5	12.1
day 7	CH_4	63.4	63.6	64.2	64.2	63.9	62.9
	CO_2	23.9	22.6	23	20.1	24.1	24
Temp37.6	O_2	1.5	1.8	1.9	2.2	1.5	2.4
	H_2S	508	15	604	63	489	98
	Bal	11.2	12	10.9	13.5	10.5	10.7
day 8	CH_4	63.5	63.3	63.6	63.5	62.7	62.2
	CO_2	24.2	24	24.5	24.2	24.8	24
Temp35.2	O_2	0.9	1.3	1	1.3	1.1	1.3
	H_2S	407	0	571	23	489	73
	Bal	11.4	11.4	10.9	11	11.4	12.5
day 9	CH_4	63.1	62.9	63.2	62.8	63.1	61.9
	CO_2	24.7	24.5	24.6	24.9	24.8	23.2
Temp34.1	O_2	0.9	1	0.8	1.3	0.8	1
	H_2S	493	15	467	23	599	49
	Bal	11.3	11.6	11.4	11.9	11.3	13.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองในส่วนของการเจริญเติบโตของ *Chlorella* sp.
ใช้ก๊าซชีวภาพที่ผ่านการกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค. 1 ผลการการเจริญเติบโตของ *Chlorella* sp. ของช่วงเวลา 7 วันในสภาวะสมดุล ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม

วัน /อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ	0.050 วีวีเอ็ม	optical density ที่ 665 nm		ความเข้มข้น *Chlorella* sp. (มก./ล.)	
		วัดได้	เฉลี่ย	วัดได้	เฉลี่ย
1	เริ่ม	1.391	1.392	592	611
		1.393		630	
	หยุด	1.611	1.609	833	836.5
		1.607		840	
2	เริ่ม	1.434	1.421	654	656
		1.408		658	
	หยุด	1.619	1.623	930	864.5
		1.627		799	
3	เริ่ม	1.394	1.387	699	714.5
		1.380		730	
	หยุด	1.653	1.671	864	918
		1.689		972	
4	เริ่ม	1.418	1.4125	700	704.5
		1.407		709	
	หยุด	1.598	1.600	900	876.5
		1.602		853	
5	เริ่ม	1.485	1.4975	685	704.5
		1.510		724	
	หยุด	1.618	1.6445	845	882
		1.673		919	
6	เริ่ม	1.403	1.399	730	707.5
		1.395		685	
	หยุด	1.589	1.602	899	908
		1.615		917	
7	เริ่ม	1.453	1.453	691	700
		1.453		709	
	หยุด	1.699	1.672	980	844
		1.645		708	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค. 2 ผลการการเจริญเติบโตของ *Chlorella* sp. ของช่วงเวลา 7 วันในสภาวะสมดุล ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม

วัน /อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ	0.035 วีวีเอ็ม	optical density ที่ 665 nm		ความเข้มข้น *Chlorella* sp. (มก./ล.)	
		วัดได้	เฉลี่ย	วัดได้	เฉลี่ย
1	เริ่ม	1.462	1.4685	593	597
		1.475		601	
	หยุด	1.632	1.631	834	828
		1.63		822	
2	เริ่ม	1.49	1.4965	634	659
		1.503		684	
	หยุด	1.625	1.625	855	844.5
		1.625		834	
3	เริ่ม	1.502	1.5075	688	705
		1.513		722	
	หยุด	1.643	1.6295	844	861.5
		1.616		879	
4	เริ่ม	1.494	1.495	625	628
		1.496		631	
	หยุด	1.637	1.6445	844	851.5
		1.652		859	
5	เริ่ม	1.435	1.4185	705	696.5
		1.402		688	
	หยุด	1.655	1.6435	897	
		1.632		854	
6	เริ่ม	1.397	1.4	650	675.5
		1.403		701	
	หยุด	1.598	1.604	870	877.5
		1.61		885	
7	เริ่ม	1.412	1.408	656	639.5
		1.404		623	
	หยุด	1.609	1.608	879	866.5
		1.645		708	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค. 3 ผลการการเจริญเติบโตของ *Chlorella* sp. ของช่วงเวลา 7 วันในสภาวะสมดุล ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม

วัน /อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ	0.020 วีวีเอ็ม	optical density ที่ 665 nm		ความเข้มข้น *Chlorella* sp. (มก./ล.)	
		วัดได้	เฉลี่ย	วัดได้	เฉลี่ย
1	เริ่ม	1.391	1.392	592	611
		1.393		630	
	หยุด	1.611	1.609	833	836.5
		1.607		840	
2	เริ่ม	1.434	1.421	654	656
		1.408		658	
	หยุด	1.619	1.623	930	864.5
		1.627		799	
3	เริ่ม	1.394	1.387	699	714.5
		1.38		730	
	หยุด	1.653	1.671	864	918
		1.689		972	
4	เริ่ม	1.418	1.4125	700	704.5
		1.407		709	
	หยุด	1.598	1.6	900	876.5
		1.602		853	
5	เริ่ม	1.485	1.4975	685	704.5
		1.51		724	
	หยุด	1.618	1.6445	845	882
		1.673		919	
6	เริ่ม	1.403	1.399	730	707.5
		1.395		685	
	หยุด	1.589	1.602	899	908
		1.615		917	
7	เริ่ม	1.453	1.453	691	700
		1.453		709	
	หยุด	1.699	1.672	980	844
		1.645		708	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค. 4 ผลการการเจริญเติบโตของ *Chlorella* sp. ของช่วงเวลา 7 วันในสภาวะสมดุล ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม

วัน /อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ	0.005 วีวีเอ็ม	optical density ที่ 665 nm		ความเข้มข้น *Chlorella* sp. (มก./ล.)	
		วัดได้	เฉลี่ย	วัดได้	เฉลี่ย
1	เริ่ม	1.499	1.505	747	750
		1.51		753	
	หยุด	1.786	1.7375	1048	1074.5
		1.689		1101	
2	เริ่ม	1.369	1.4105	800	794.5
		1.452		789	
	หยุด	1.723	1.715	1087	1046
		1.707		1005	
3	เริ่ม	1.509	1.4825	759	763
		1.456		767	
	หยุด	1.685	1.689	984	986.5
		1.693		989	
4	เริ่ม	1.49	1.481	749	736
		1.472		723	
	หยุด	1.784	1.7865	1031	998.5
		1.789		966	
5	เริ่ม	1.564	1.5185	737	746.5
		1.473		756	
	หยุด	1.853	1.861	1077	1060
		1.869		1043	
6	เริ่ม	1.398	1.372	751	749
		1.346		747	
	หยุด	1.698	1.733	987	976
		1.768		965	
7	เริ่ม	1.579	1.5635	760	780
		1.548		800	
	หยุด	1.667	1.728	1023	1004.5
		1.789		986	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

ผลการทดลองในส่วนของการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่ผ่านการกรอง

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 1 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp.

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff
1st cycle	CH_4	66.2	74.3	66	68.8	65.3	65.8	65.4	65.4
	CO_2	23.6	14.1	24	18.7	24.3	22.3	24.6	23.6
	O_2	1.2	1.8	1.2	1.7	1.2	1.7	1.1	1.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9	9.8	8.8	10.8	9.2	10.2	8.9	9.4
2nd cycle	CH_4	66	73.3	65.9	69.1	65.7	66.1	65.4	65.9
	CO_2	22.8	14.9	24	18.9	24	21.5	23.9	22.3
	O_2	1.1	1.4	1.1	1.6	1.2	1.7	1.2	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	10.1	10.4	9	10.4	9.1	10.7	9.5	10.4
3rd cycle	CH_4	65.6	73	64.9	68.1	65	66.3	65.1	65.4
	CO_2	23.5	15.5	23.8	19.6	24.1	21.3	24	22.9
	O_2	1.1	1.5	1.2	1.9	1.2	1.7	1.2	1.4
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
35.45 C	Bal	9.8	10	10.1	10.4	9.7	10.7	9.7	10.3

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff
1st cycle	CH_4	65.2	74.8	65.3	70.5	65.3	67.3	65.5	66
	CO_2	24.3	13.9	23.9	17.9	24.3	22.3	24.6	22.9
	O_2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.1	1.4	1.1	1.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9.3	9.8	9.6	10.1	8.4	9	8.8	9.5
2nd cycle	CH_4	65.3	72.5	65.7	69.9	65.7	67	65.6	65.9
	CO_2	24.1	15.9	23.8	18.7	24	20.7	24.4	23.9
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.4	1.2	1.7	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9.4	10.1	9.4	10	9.1	10.6	8.8	8.9
3rd cycle	CH_4	66.2	73.3	66	68.7	65.7	66.4	65.3	65.3
	CO_2	23.8	15.6	23.9	19.6	24.1	22	24	23.4
	O_2	1.1	1.3	1.1	1.6	1.2	1.6	1.1	1.4
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
33.9 C	Bal	8.9	9.8	9	10.1	9	10	9.6	9.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 1 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp . (ต่อ)

Day 3		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.4	75.3	65.3	71.2	65.9	68.2	65.5	66.3
	CO_2	24.4	13.3	24.4	17.5	24.6	21.4	24.6	22.8
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.5	1.1	1.4	1.1	1.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9	9.9	9.2	9.8	8.4	9	8.8	9.3
2nd cycle	CH_4	64.9	73.4	65.6	70.2	65.5	68.6	65.6	66
	CO_2	25	15.8	23.8	18	23.8	19.7	24.4	23.8
	O_2	1.2	1.4	1.1	1.4	1.2	1.7	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.9	9.4	9.5	10.4	9.5	10	8.8	8.9
3rd cycle	CH_4	66.2	73.7	66.1	69.4	65.6	67.2	65.3	65.3
	CO_2	24.2	15.2	24.1	18.9	24.2	21.3	24.2	24
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.5	1.2	1.4	1.1	1.4
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.65 C	Bal	8.4	9.6	8.7	10.2	9	10.1	9.4	9.3

Day 4		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.5	75.2	65.3	70.8	65.3	68.1	65.5	66.2
	CO_2	24	13.2	23.9	17.7	24.3	21.5	24.6	22.7
	O_2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.1	1.4	1.1	1.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9.3	10.1	9.6	10	8.4	9	8.8	9.5
2nd cycle	CH_4	65.3	73.4	65.7	70.3	65.3	68.4	65.6	65.9
	CO_2	24.1	14.5	23.8	18.1	24.2	19.9	24.4	24
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.4	1.2	1.7	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9.4	10.6	9.4	10.2	9.3	10	8.8	8.8
3rd cycle	CH_4	66.2	73	66	69.2	65.5	67.2	65.3	65.7
	CO_2	24.2	15	24	18.9	24.3	21.3	24.2	23
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.5	1.2	1.4	1.1	1.4
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.9 C	Bal	8.4	10.5	8.9	10.1	9	10.1	9.4	9.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 1 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 5		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.5	75.4	65.5	72	65.9	68.2	65.5	67.3
	CO_2	24.4	13.4	24.3	16.8	24.6	21.4	24.7	22.4
	O_2	1.1	1.4	1.1	1.4	1.1	1.4	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9	9.8	9.3	9.8	8.4	9	8.6	9
2nd cycle	CH_4	65.2	73.8	65.4	71	65.5	68.6	65.4	66.5
	CO_2	24.5	14.6	24.2	17.6	23.8	19.7	24.5	23.4
	O_2	1.2	1.4	1.1	1.4	1.2	1.7	1.3	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9.1	10.2	9.3	10	9.5	10	8.8	8.8
3rd cycle	CH_4	65.5	71.9	66.1	68.3	65.6	67.5	65.3	66
	CO_2	24.3	15.2	24.1	19.2	24.2	21.2	24.4	23.3
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.4	1.2	1.4	1.1	1.4
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
35.25 C	Bal	9	10.6	8.7	11.1	9	9.9	9.2	9.3

Day 6		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.4	74.8	65.5	72.2	65.4	68.2	65.2	67.3
	CO_2	24.5	14.3	23.9	16.5	24.2	21.4	24.5	22.4
	O_2	1.3	1.5	1.2	1.5	1.1	1.4	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.8	9.4	9.4	9.8	9.3	9	9.1	9
2nd cycle	CH_4	65.3	74	65.6	71.5	66.1	68.9	65.5	66.8
	CO_2	24.4	14.4	24.2	17.2	24.1	18.9	24.3	23.1
	O_2	1.1	1.4	1.2	1.3	1.1	1.3	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	9.2	10.2	9	10	8.7	10.9	9	8.8
3rd cycle	CH_4	65.4	72.1	66	68.9	65.4	67.6	65.5	66.1
	CO_2	24.4	15.6	23.8	19	24.3	21.2	24.4	23.4
	O_2	1.2	1.4	1.1	1.4	1.2	1.3	1.1	1.3
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
34.55 C	Bal	9	10.9	9.1	10.7	9.1	9.9	9	9.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 1 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 7		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.5	74.2	65.6	72.5	65.5	68.5	65.4	67.5
	CO_2	24.6	13.4	24.6	17	24.5	21.1	24.7	22.2
	O_2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.1	1.3	1.3	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.7	10.9	8.6	9	8.9	9.1	8.6	8.9
2nd cycle	CH_4	65.5	73.7	65.5	71.3	65.8	69	65.6	66.8
	CO_2	24.5	15	24.5	17.5	24.2	19.2	24.4	23.4
	O_2	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.9	10.1	8.8	9.9	8.9	10.5	8.9	8.6
3rd cycle	CH_4	65.1	73.7	64.9	69	65	68.1	65.4	65.7
	CO_2	25	15.5	24.8	20.4	24.8	21.1	24.5	23.5
	O_2	1.2	1.3	1.1	1.3	1.2	1	1.1	1.2
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
34.45 C	Bal	8.7	9.5	9.2	9.3	9	9.8	9	9.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 2 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้*Chlorella* sp. ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาที

	avg in	avg out
15 min		
CH_4	65.54	73.75
% enrich	12.53	
CO_2	24.22	14.68
% reduct	39.36	
30 min		
CH_4	65.61	70.14
% enrich	6.90	
CO_2	24.09	18.27
% reduct	24.13	
45 min		
CH_4	65.52	67.68
% enrich	3.28	
CO_2	24.23	20.97
% reduct	13.45	
60 min		
CH_4	65.42	66.16
% enrich	1.12	
CO_2	24.4	23.16
% reduct	5.05	

Total avg temp of experiment 34.16 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 3 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้สารอาหาร

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.4	71.5	65.7	69.4	65.8	66.7	65.6	65.3
	CO_2	24	18.3	24.2	20.2	24.5	23.6	24.5	24
	O_2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	8.9	8.9	9.2	8.5	8.4	8.6	9.4
2nd cycle	CH_4	66.2	70.4	66	69.9	65.8	68.8	66	65.8
	CO_2	24.5	18.1	24.6	20.4	24.2	21.6	24.7	23.7
	O_2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	10.3	8.2	8.5	8.9	8.4	8.2	9.3
3rd cycle	CH_4	66.3	70.6	66.2	69.2	66.5	68.1	66.3	65.7
	CO_2	24.5	18.2	24.5	20.7	24.8	21.4	24.2	23.9
	O_2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
31.3 C	Bal	8.1	10	8.2	9	9	9.3	8.4	9.2

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.3	71.4	66.3	69.9	66.1	68.8	66	65.8
	CO_2	24.4	18.3	24.3	20.4	24.5	21.6	24.6	24.2
	O_2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	9.1	8.2	8.5	8.2	8.4	8.2	8.7
2nd cycle	CH_4	66.4	70.8	66	69.1	65.9	67.1	66	66
	CO_2	24.3	19.7	24.5	20.9	24.2	22.9	24.6	23.9
	O_2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.3	8.4	8.8	8.8	8.8	8.3	8.9
3rd cycle	CH_4	66.3	70.5	66.2	69.2	66.2	67.7	66.2	65.3
	CO_2	24.5	19.5	24.5	20.9	24.6	23	24.4	24.3
	O_2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.3
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
34.25 C	Bal	8.1	8.8	8.2	8.8	8.1	8.1	8.3	9.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 4 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้สารอาหารที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.050 วีวีเอ็ม, 0.4 ลิตรต่อนาที

	avg in	avg out
15 min		
CH_4	66.32	70.87
%enrich	6.86	
CO_2	24.37	18.68
%reduct	23.33	
30 min		
CH_4	66.07	69.45
%enrich	5.12	
CO_2	24.43	20.58
%reduct	15.76	
45 min		
CH_4	66.05	67.87
%enrich	2.75	
CO_2	24.47	22.35
%reduct	8.65	
60 min		
CH_4	66.02	65.65
%enrich	-0.56	
CO_2	24.5	24
%reduct	2.04	

Total avg temp of experiment 32.78 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 5 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28 ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp.

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.4	80.4	69.5	78.6	69.9	76.9	69	72.4
	CO_2	23.3	12	23.4	13.2	23.2	14.9	24.1	19.7
	O_2	0.4	0.5	0.4	0.6	0.3	0.7	0.3	0.5
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	6.9	7.1	6.7	7.6	6.6	7.5	6.6	7.4
2nd cycle	CH_4	70	80.4	69.9	78.5	70	76.5	69.7	73.1
	CO_2	23.2	11.5	23.3	13.5	23.1	15.5	23.5	19.1
	O_2	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	6.5	7.5	6.4	7.5	6.4	7.5	6.4	8.2
3rd cycle	CH_4	69.6	79	69.7	76.4	69.9	74.8	69.8	71.8
	CO_2	23.6	12.4	23.3	14.9	23.2	16.9	23.1	20
	O_2	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.3	0.6
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.3 C	Bal	6.4	8	6.5	8.1	6.5	7.7	6.8	7.6

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.5	80.1	69.6	78.9	69.8	74.5	69.9	71.9
	CO_2	23.2	11.4	23.2	13.1	23.2	16.8	23.1	19.7
	O_2	0.5	0.7	0.4	0.8	0.4	0.7	0.4	0.5
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	6.8	7.8	6.8	7.2	6.6	8	6.6	7.9
2nd cycle	CH_4	69.9	79.7	69.8	75.9	69.9	74	69.8	72.6
	CO_2	23.2	12.1	23.4	16.2	23.1	17.7	23.3	18.8
	O_2	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5	0.8	0.4	0.8
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	6.5	7.6	6.4	7.4	6.5	7.5	6.5	7.8
3rd cycle	CH_4	69.7	80	69.8	78.4	70	75.1	69.7	72.3
	CO_2	23.5	12.4	23.2	13.6	23.1	17.2	23.2	19.8
	O_2	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.3	0.6
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
35.3 C	Bal	6.4	7	6.5	7.4	6.5	7.2	6.8	7.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 5 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 3		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.1	82	69.4	78.8	69.6	75.5	69.8	73.6
	CO_2	22.6	9.2	23.1	12.8	23.1	15.8	23.1	19
	O_2	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.8	8.2	7.1	8	6.9	8	6.7	6.9
2nd cycle	CH_4	69.9	79.7	69.7	75.5	69.7	73.7	69.7	71.7
	CO_2	23.2	10.7	23.3	16.1	23.1	17.9	23.2	19.8
	O_2	0.4	0.6	0.4	0.8	0.5	0.6	0.4	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	6.5	9	6.6	7.6	6.7	7.8	6.7	7.8
3rd cycle	CH_4	69.8	79.7	69.9	75.2	69.8	72.5	69.5	72.5
	CO_2	23.3	10.7	22.9	15.9	23.1	19.1	23.1	19.7
	O_2	0.4	0.6	0.5	0.7	0.4	0.7	0.3	0.5
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
33.65 C	Bal	6.5	9	6.7	8.2	6.7	7.7	7.1	7.3

Day 4		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.2	80.7	69.5	78.5	69.6	75.9	69.4	73
	CO_2	22.5	10.4	23	12.9	22.9	15.3	22.8	18.4
	O_2	0.5	0.7	0.4	0.6	0.4	0.8	0.5	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.8	8.2	7.1	8	7.1	8	7.3	7.9
2nd cycle	CH_4	69.9	80	69.8	77.6	69.8	74.5	69.5	72.6
	CO_2	23	11.9	23.1	14.4	22.9	16.7	23.1	19.2
	O_2	0.4	0.7	0.6	0.9	0.5	0.8	0.5	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	6.7	7.4	6.5	7.1	6.8	8	6.9	7.5
3rd cycle	CH_4	69.5	79.1	69.2	76.9	69.3	73.2	69.2	71.9
	CO_2	23.2	12.7	23	14.2	22.5	17.9	23	19.5
	O_2	0.5	0.6	0.5	0.8	0.4	0.7	0.5	0.6
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.85 C	Bal	6.8	7.6	7.3	8.1	7.8	8.2	7.3	8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 5 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 5		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.5	80.2	69.7	77.4	69.6	75.7	69.4	72.4
	CO_2	22.8	11.6	22.9	14.5	22.7	15.8	22.9	19
	O_2	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.2	7.6	7	7.6	7.2	7.8	7.2	7.9
2nd cycle	CH_4	69.5	79.6	69.8	76.6	69.8	74.9	69.9	72
	CO_2	22.9	12.2	22.9	15.7	22.9	17	23	20.3
	O_2	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7	7.5	6.8	7.1	6.8	7.4	6.6	7.1
3rd cycle	CH_4	69.5	79.5	69.2	75.9	69.3	74.4	69.4	71.1
	CO_2	23	12	23	15.6	23.2	17.6	23.2	21.1
	O_2	0.5	0.6	0.5	0.7	0.4	0.5	0.4	0.6
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.75 C	Bal	7	7.9	7.3	7.8	7.1	7.5	7	7.2

Day 6		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.6	80.6	69.6	78.1	69.8	74.9	69.7	72.4
	CO_2	22.7	11.2	22.8	14.1	22.7	16.6	22.8	19.4
	O_2	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.2	7.5	7.1	7.2	7	7.9	7	7.5
2nd cycle	CH_4	69.6	79.9	69.6	77.3	69.7	74.2	70	73.4
	CO_2	22.8	11.1	22.9	14.8	22.8	17.7	22.8	19
	O_2	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.1	8.4	7	7.3	7	7.5	6.7	7
3rd cycle	CH_4	69.8	78.9	69.7	76.5	69.5	74.3	69.6	72.8
	CO_2	22.8	12.6	22.7	15	23	17.4	23.1	19.1
	O_2	0.5	0.6	0.5	0.8	0.4	0.8	0.5	0.7
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
31.0 C	Bal	6.9	7.9	7.1	7.7	7.1	7.5	6.8	7.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 5 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 7		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.7	81	69.5	77.2	70	74.9	69.9	72.9
	CO_2	22.7	9.5	22.8	14	22.5	16.5	22.6	19.1
	O_2	0.5	1	0.5	0.7	0.5	0.7	0.6	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.1	8.5	7.2	8.1	7	7.9	6.9	7.3
2nd cycle	CH_4	69.4	80.2	69.3	76.9	69	73.9	69.2	73.1
	O_2	0.6	0.6	0.5	0.8	0.5	0.7	0.5	0.8
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.1	8.3	7.1	7.5	7.6	8	7.6	6.9
3rd cycle	CH_4	69.3	79.4	69.4	76.1	69.1	74.7	69.3	73.4
	CO_2	22.6	11.9	22.5	14.9	22.4	16.1	23	18.5
	O_2	0.5	0.7	0.5	0.9	0.5	0.8	0.5	0.8
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.55 C	Bal	7.6	8	7.6	8.1	8	8.4	7.2	7.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 6 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้*Chlorella* sp. ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28 ลิตรต่อนาที

	avg in	avg out
15min		
CH_4	69.59	80
%enrich	14.97	
CO_2	23	11.45
%reduct	50.23	
30min		
CH_4	69.6	77.2
%enrich	10.92	
CO_2	23.04	14.49
%reduct	37.11	
45min		
CH_4	69.67	74.71
%enrich	7.24	
CO_2	22.93	16.85
%reduct	26.53	
60min	in	out
CH_4	69.59	72.52
%enrich	4.21	
CO_2	23.08	19.4
%reduct	15.95	

Total avg temp of experiment 32.91 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 7 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้สารอาหาร

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	67.4	76	67	73.1	66.8	71.9	67.5	70.1
	CO_2	23	14.4	24.1	17.5	23.5	18	23.2	20.5
	O_2	1.1	1.1	1	1.1	1.1	1.5	1.1	1.1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	8.5	7.9	8.3	8.6	8.6	8.2	8.3
2nd cycle	CH_4	66.7	75.5	66.9	71.9	67	70.9	67.4	69.8
	CO_2	23.9	15	23.5	18.1	23.3	18.8	22.9	20.5
	O_2	1	1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.1	1.5
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.4	8.5	8.5	8.9	8.4	9	8.6	8.2
3rd cycle	CH_4	67.6	75.9	68	74.9	67.5	77.9	67.1	70.7
	CO_2	22.6	14.1	22.6	15.1	24.1	11.9	23.5	18.7
	O_2	1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.3	1.1	1.5
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
34.3 C	Bal	8.8	8.9	8.3	8.7	8.3	8.9	8.3	9.1

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.9	75.4	67	73.5	67.3	70.9	67.5	69
	CO_2	23.9	14.8	24	17.1	23.4	19.5	23.2	21.5
	O_2	1	1.2	1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.6	8	8.3	8.2	8.4	8.2	8.3
2nd cycle	CH_4	67.1	76	66.9	72.9	67.2	71	67.5	69.7
	CO_2	23.5	14.4	23.7	17.1	23.2	19.3	22.9	20.4
	O_2	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.4	8.5	8.4	8.9	8.4	8.5	8.5	8.5
3rd cycle	CH_4	66.2	76	67.5	73.9	66.9	72.4	67.1	76
	CO_2	24.5	14.7	23	16.3	23.7	18	23.5	14.4
	O_2	1	1	1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.35 C	Bal	8.3	8.3	8.5	8.6	8.3	8.4	8.3	8.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 8 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้สารอาหารที่อัตราการจ่าย ก๊าซชีวภาพ 0.035 วีวีเอ็ม, 0.28 ลิตรต่อนาที

	avg in (%)	avg out (%)
15min		
CH_4	66.98	75.28
%enrich	12.33	
CO_2	23.56	14.67
%reduct	37.75	
30min		
CH_4	67.22	73.37
%enrich	9.15	
CO_2	23.48	16.87
%reduct	28.17	
45min		
CH_4	67.12	72.5
%enrich	8.02	
CO_2	23.53	17.58
%reduct	25.26	
60min		
CH_4	67.42	70.08
%enrich	3.96	
CO_2	23.2	19.92
%reduct	14.15	

Total avg temp of experiment33.33 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 9 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp.

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.4	78	66.5	76.1	66.6	75.3	66.9	73.9
	CO_2	25.2	11.5	24.9	13.8	24.8	15.2	24.5	17.1
	O_2	0.6	0.9	0.5	0.8	0.6	0.8	0.6	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.8	9.6	8.1	9.3	8	8.7	8	8.3
2nd cycle	CH_4	66.4	78.9	66.8	76.1	66.5	74.8	66.4	72.8
	CO_2	24.9	10.6	24.4	14	24.7	15.5	24.8	17.5
	O_2	0.8	1.1	0.7	0.9	0.6	0.8	0.7	0.7
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.9	9.4	8.1	9	8.2	8.9	8.1	9
3rd cycle	CH_4	66.3	78	66.5	75.8	66.3	73.6	66.5	71.5
	CO_2	24.3	11.4	24.5	14.2	25.2	17	24.8	19.5
	O_2	0.7	1	0.6	0.9	0.7	0.8	0.7	0.7
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
27.65 C	Bal	8.7	9.6	8.4	9.1	7.8	8.6	8	8.3

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.3	81.9	66.4	79.9	66.7	77.3	66.8	75
	CO_2	25.2	7.5	25	10	24.9	13	24.6	16
	O_2	0.6	0.9	0.6	0.8	0.6	0.8	0.7	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.9	9.7	8	9.3	7.8	8.9	7.9	8.1
2nd cycle	CH_4	66.5	77.8	66.6	76.3	66.4	75	66.4	73.9
	CO_2	25	10.7	24.8	14.5	24.6	15.3	24.5	16.8
	O_2	0.7	1.1	0.7	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.8	10.4	7.9	8.3	8.2	8.9	8.4	8.4
3rd cycle	CH_4	66.4	78.5	66.6	75.9	66.4	74.3	66.5	72
	CO_2	24.5	10.9	24.4	14.8	25	16.9	24.9	19
	O_2	0.6	1	0.6	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
29.45 C	Bal	8.5	9.6	8.4	8.6	7.9	8	7.9	8.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 9 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 3		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.5	79.3	66.3	78	66.4	78	66.8	74.8
	CO_2	25.1	10.2	25.3	11.9	25	14.5	24.6	19.3
	O_2	0.6	0.9	0.6	0.8	0.6	0.8	0.7	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.8	9.6	7.8	9.3	8	8.7	7.9	8
2nd cycle	CH_4	66.4	78.6	66.5	76.3	66.5	75.5	66.5	73.5
	CO_2	25	12.1	24.8	14.6	24.8	15.3	24.8	17.4
	O_2	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.9	8.5	7.9	8.2	7.9	8.3	7.9	8.2
3rd cycle	CH_4	66.5	78.1	66.3	75.4	66.3	74	66.4	72.7
	CO_2	24.9	11.5	24.9	14.9	24.9	16.7	25	18
	O_2	0.6	1	0.6	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
26.60 C	Bal	8	9.4	8.2	9	8.1	8.5	7.9	8.5

Day 4		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.3	79.8	66.3	78.2	66.2	77.5	66.5	75.4
	CO_2	25.2	10.1	25.3	11.9	25.1	12.3	24.7	15.3
	O_2	0.7	0.9	0.7	0.8	0.6	0.9	0.7	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.8	9.2	7.7	9.1	8.1	9.3	8.1	8.2
2nd cycle	CH_4	66.2	78.6	66.4	77.1	66.5	76	66.6	74.7
	CO_2	25	11.6	24.9	13.6	24.8	14.5	24.7	15.8
	O_2	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9	0.7	1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.1	9	8	8.4	7.9	8.6	8	8.5
3rd cycle	CH_4	66.4	78	66.2	77.1	66.2	75.9	66.2	74.9
	CO_2	25	12.5	25.0	13.8	25	15.3	24.9	15.6
	O_2	0.7	1	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0 C	Bal	7.9	8.5	8.2	8.3	8	8.1	8.1	8.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 9 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 5		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.8	77.7	65.7	75.8	65.1	74.8	65.3	73
	CO_2	25.5	11.8	25.4	13.9	25.9	15	24.6	16.7
	O_2	0.8	1	0.8	0.9	0.8	0.9	1	0.9
	HS	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	7.9	9.5	8.1	9.4	8.2	9.3	9.1	9.4
2nd cycle	CH_4	65.1	77.9	65.3	75.6	65.2	74.5	65.3	73.2
	CO_2	25.9	12	25.7	14.5	25.8	15.2	25.8	16.8
	O_2	0.9	1	0.8	1	0.9	0.9	0.8	1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.1	9.1	8.2	8.9	8.1	9.4	8.1	9
3rd cycle	CH_4	65.5	78.1	65.4	77.1	65.4	75.9	65.2	71.5
	CO_2	25.8	12.4	25.8	13.8	25.6	15.3	25.7	19
	O_2	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
30.9 C	Bal	7.9	8.2	8.1	8.3	8.2	8.1	8.3	8.6

Day 6		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.7	78.5	65.8	75	65.5	74.3	65.4	73.2
	CO_2	25.4	11.6	25.1	14.9	25.6	15.8	25.3	17
	O_2	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.1	8.9	8.3	9.1	8.1	8.9	8.5	8.9
2nd cycle	CH_4	65.6	78.4	65.3	75.4	65	73.3	65.4	72
	CO_2	25.5	11	25.6	14.6	26	17	25.7	18.6
	O_2	0.8	0.9	0.9	1	0.9	0.9	0.8	1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.1	9.7	8.2	9	8.1	8.8	8.1	8.4
3rd cycle	CH_4	65.6	78.5	65.3	74.9	65.3	74	65.4	71.5
	CO_2	25.6	11.4	25.7	15.5	25.6	16.8	25.5	18.9
	O_2	0.8	1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
30.3 C	Bal	8	9.1	8.1	8.8	8.2	8.3	8	8.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 9 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 7		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	65.4	77.6	65.5	76	65.3	74.8	65.1	71.8
	CO_2	25.8	11.2	25.5	13.7	25.7	15.6	25.9	18.4
	O_2	0.8	1.2	0.8	0.9	0.9	1	0.9	1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8	9.2	8.2	9.4	8.1	8.6	8.1	8.8
2nd cycle	CH_4	65.1	78	65.2	74.9	65.3	74	65.3	73
	CO_2	25.7	11.5	25.6	15	25.8	16.5	25.8	17.6
	O_2	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	1	0.8	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.4	9.6	8.3	9.2	8.1	8.5	8.1	8.5
3rd cycle	CH_4	65.3	78.4	65.4	75.9	65.3	75	65.3	72.6
	CO_2	25.7	11.4	25.6	14	25.5	15.2	25.6	17.9
	O_2	0.8	1	0.8	0.9	0.9	1	0.8	0.9
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.55 C	Bal	8.2	9.2	8.2	9.2	8.3	8.8	8.3	8.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 10 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้ *Chlorella* sp. ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาที

	avg in	avg out
15min		
CH_4	65.98	78.50
%enrich	18.98	
CO_2	25.25	11.19
%reduct	55.72	
30min		
CH_4	66.02	76.32
%enrich	15.61	
CO_2	25.15	13.9
%reduct	44.74	
45min		
CH_4	65.92	75.13
%enrich	13.97	
CO_2	25.25	15.42
%reduct	38.93	
60min		
CH_4	66.01	73.19
%enrich	10.87	
CO_2	25.08	17.53
%reduct	30.09	

Total avg temp of experiment29.49 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 11 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้สารอาหาร

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.8	75.5	65.9	73.6	66.6	72.5	65.7	69
	CO_2	24.3	14.5	25	16.9	24.6	18.3	25.1	21.4
	O_2	0.8	0.9	0.9	1	0.7	0.9	0.9	1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.1	9.1	8.2	8.5	8.1	8.3	8.3	8.6
2nd cycle	CH_4	66.1	74.9	65.4	73.1	66.5	72.1	65.7	68.9
	CO_2	24.9	15.6	25.4	17.5	24.7	18.7	25.2	21.5
	O_2	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.6	8.3	8.5	8	8.4	8.3	8.7
3rd cycle	CH_4	65.8	74.7	65.7	72.9	66.9	71.2	65.6	68.7
	CO_2	25.2	15.5	25.3	17.1	24.1	19.7	25.3	21.8
	O_2	0.8	1	0.8	0.8	0.9	1	0.8	0.9
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
29.3	Bal	8.2	8.8	8.2	9.2	8.1	8.1	8.3	8.6

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	66.4	75.6	66.2	74.1	66.7	73.2	65.7	69
	CO_2	24.6	14.5	24.8	16.7	24.4	17.6	25.1	21.4
	O_2	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	1	0.9	1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.1	9	8.2	8.3	8.1	8.2	8.3	8.6
2nd cycle	CH_4	66.1	75	65.8	73.1	66.4	73.1	66	68.7
	CO_2	24.9	15.1	25	17.2	24.8	17.8	25.2	21.7
	O_2	0.8	1	0.9	0.9	0.8	1	0.8	0.9
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.9	8.3	8.8	8	8.1	8.3	8.7
3rd cycle	CH_4	65.7	74.9	66	73.5	67.1	74	65.6	69.1
	CO_2	25.2	15.1	25	17	24.2	17.2	25.3	21.5
	O_2	0.8	1	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
26.5	Bal	8.3	9	8.2	8.7	8	8.1	8.3	8.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 12 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้สารอาหารที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.020 วีวีเอ็ม, 0.16 ลิตรต่อนาที

	avg in	avg out
15min		
CH_4	66.15	75.1
%enrich	13.53	
CO_2	24.85	15.05
%reduct	39.44	
30min		
CH_4	65.83	73.38
%enrich	11.47	
CO_2	25.08	17.07
%reduct	31.96	
45min		
CH_4	66.7	72.73
%enrich	9.05	
CO_2	24.47	18.22
%reduct	25.54	
60min		
CH_4	65.72	68.9
%enrich	4.84	
CO_2	25.2	21.55
%reduct	14.48	

Total avg temp of experiment 27.93 ◦ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 13 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp.

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.6	84.1	69.1	79.9	69.5	79.5	69.6	77.9
	CO_2	21.1	5.6	21.4	9.8	20.9	10.8	20.8	12
	O_2	1	1.2	1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
	H_2S	20	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.3	9.1	8.5	9.1	8.4	8.5	8.5	9
2nd cycle	CH_4	69.4	84.9	69.7	82	69.6	80.5	69	78.8
	CO_2	21	5.2	20.8	8.2	20.7	9.7	21.4	11
	O_2	1	1.1	1	1.2	1	1.1	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.6	8.8	8.5	8.6	8.7	8.7	8.5	9
3rd cycle	CH_4	69.8	83.3	69.6	80.2	69.7	78.3	69.8	77.6
	CO_2	20.7	6.8	20.8	10	20.7	11.9	20.7	12.9
	O_2	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
31.8 C	Bal	8.5	8.8	8.5	8.6	8.4	8.5	8.4	8.5

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.7	85.1	69.9	82.5	68.9	80.5	69.8	79.2
	CO_2	21	5.1	20.7	7.5	21.4	9.8	20.6	10.2
	O_2	1.1	1.2	1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.6	8.4	8.8	8.6	8.5	8.5	9.2
2nd cycle	CH_4	69.6	84.9	69.6	82.3	69.8	81	69.5	78.8
	CO_2	20.8	5	20.9	7.5	20.6	8.9	21	11
	O_2	1	1.2	1.1	1.3	1	1.1	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.6	8.9	8.4	8.9	8.6	9	8.4	9
3rd cycle	CH_4	69.6	84.1	69.5	81.3	69	79.4	69.4	76
	CO_2	20.8	6	20.9	8.5	21.3	10.6	20.8	13.9
	O_2	1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.4	1.2	1.5
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
34.25 C	Bal	8.6	8.7	8.4	8.9	8.5	8.6	8.6	8.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 13 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 3		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.5	85.3	69.3	83.3	69.6	80.9	69.8	79.1
	CO_2	21.1	4.5	21.1	6.5	21.1	8.8	20.9	10.7
	O_2	1.2	1.5	1.1	1.3	1.1	1.3	1.1	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.7	8.5	8.9	8.2	9	8.2	8.9
2nd cycle	CH_4	69.8	84.1	69.9	83.4	69.8	81.5	70	79
	CO_2	20.6	5.6	20.8	6.7	20.5	8.1	20.6	10.4
	O_2	1.1	1.3	1.1	1.3	1.3	1.3	1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	9	8.2	8.6	8.4	9.1	8.4	9.4
3rd cycle	CH_4	69.4	84.8	69.1	82.5	69.7	80.9	69.8	79.8
	CO_2	21.1	4.8	21.3	7.5	20.8	9.2	20.9	10.3
	O_2	1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.2	1.1	1.2
avg.									
temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.95 C	Bal	8.5	9.3	8.5	8.8	8.4	8.7	8.2	8.7

Day 4		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.9	84.8	69.8	84.2	70.1	81	70	80.3
	CO_2	20.7	4.7	20.5	5.5	20.5	8.7	20.5	9.8
	O_2	1.1	1.5	1.2	1.4	1	1.2	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.3	9	8.5	8.9	8.4	9.1	8.4	8.7
2nd cycle	CH_4	69.8	83.2	70	82.7	70	80.8	69.9	78.8
	CO_2	20.4	6.5	20.4	7.1	20.5	9.1	20.6	11
	O_2	1.2	1.3	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.6	9	8.5	9	8.3	8.7	8.4	9
3rd cycle	CH_4	69.7	83.4	69.9	80.5	69.8	79.9	70.1	77.3
	CO_2	20.6	6.5	20.6	9	20.7	9.9	20.1	12.9
	O_2	1.2	1.2	1.1	1.3	1.1	1.2	1.1	1.1
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.7 C	Bal	8.5	8.9	8.4	9.2	8.4	9	8.7	8.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 13 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 5		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.4	84.5	69.3	84.1	69.5	81.1	69.8	79.7
	CO_2	21.2	4.4	21.1	5.7	21.2	8.5	20.9	10.8
	O_2	1.2	1.5	1	1.3	1.1	1.4	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	9.6	8.6	8.9	8.2	9	8.2	8.3
2nd cycle	CH_4	69.8	83.5	69.8	81.8	70.1	80.4	69.8	78.4
	CO_2	20.9	6.3	20.7	8.1	20.2	8.9	20.6	11
	O_2	0.8	1.1	1.1	1.3	1.2	1.5	1.1	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	9.1	8.4	8.8	8.5	9.2	8.5	9.2
3rd cycle	CH_4	69.8	82.4	70	82	69.9	80.1	69.7	79.8
	CO_2	20.4	7.6	20.4	8.3	20.6	10	21	10.4
	O_2	1	1.1	1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.3
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
34.3 C	Bal	8.8	8.9	8.6	8.6	8.4	8.6	8.2	8.5

Day 6		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.9	85.1	69.7	83.8	69.5	81.3	69.8	80
	CO_2	20.7	4.6	20.7	6	21.2	8	20.9	9.7
	O_2	1.2	1.4	1	1.2	1.1	1.5	1.1	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.2	8.9	8.6	9	8.2	9.2	8.2	8.9
2nd cycle	CH_4	69.7	84	69.7	82.1	70.1	81	69.8	79.4
	CO_2	20.8	5.8	20.6	7.8	20.2	8.6	20.6	10
	O_2	1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.4	1.1	1.3
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	9	8.6	8.9	8.5	9	8.5	9.3
3rd cycle	CH_4	69.8	83.4	69.7	81.9	69.9	81.1	69.7	80.1
	CO_2	20.4	6.5	20.5	7.8	20.6	9	21	10.1
	O_2	1	1.2	1	1.3	1.1	1.4	1.1	1.2
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
30.95 C	Bal	8.8	8.9	8.8	9	8.4	8.5	8.2	8.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 13 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาที เดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (ต่อ)

Day 7		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	70.1	85	70.3	84	70.1	82.3	70.4	81
	CO_2	20.4	4.8	20.3	5.9	20.3	7.5	20.1	9.4
	O_2	1	1.2	1.1	1.2	1	1.2	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	9	8.3	8.9	8.6	9	8.4	8.4
2nd cycle	CH_4	70.3	84.6	70.3	83.1	70.1	81.6	70.3	79.5
	CO_2	20.1	5.5	20.2	6.8	20.2	8.6	20.2	10.5
	O_2	1.1	1.1	1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	8.8	8.5	8.9	8.5	8.6	8.4	8.9
3rd cycle	CH_4	70.4	82.1	70.5	79.8	70.3	78.7	70.2	77.8
	CO_2	20.2	8.7	20.1	9.5	20.4	10.8	20.2	12.7
	O_2	1.1	1.1	1	1.3	1.1	1.2	1	1
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.45 C	Bal	8.3	9.3	8.4	9.4	8.2	9.3	8.6	8.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 14 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้*Chlorella* sp. ที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาที

15 min		
CH_4	69.76	84.12
%enrich	20.58	
CO_2	20.74	5.74
% reduct	72.27	
30 min		
CH_4	69.75	82.26
% enrich	17.94	
CO_2	20.74	7.61
% reduct	63.28	
45 min		
CH_4	69.76	80.56
% enrich	15.48	
CO_2	20.73	9.31
% reduct	55.06	
60 min		
CH_4	69.82	78.97
% enrich	13.1	
CO_2	20.69	10.99
% reduct	46.89	

Total avg temp of experiment 32.77 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 15 ผลการปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาทีเดินระบบโดยใช้สารอาหาร

Day 1		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	70.4	80.8	70	78.1	70.3	75.9	70.5	75.1
	CO_2	20	9.4	21.1	12.5	20.5	14	20.2	15.5
	O_2	1.1	1.2	1	1.1	1.1	1.5	1.1	1.1
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.5	8.6	7.9	8.3	8.1	8.6	8.2	8.3
2nd cycle	CH_4	70.2	80	69.9	76.9	70.1	74.9	70.4	73.9
	CO_2	20.8	10.5	20.5	13.1	20.2	14.8	19.9	16.4
	O_2	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.1	1.5
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8	8.4	8.5	8.9	8.4	9	8.6	8.2
3rd cycle	CH_4	70.6	80.9	71	79.9	70.5	77.9	70.1	73.7
	CO_2	20.4	9.1	21	10.1	21.1	11.9	21	14.5
	O_2	1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.3	1.1	1.5
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
33.25 C	Bal	8.8	8.9	8.3	8.7	8.3	8.9	8.3	9.1

Day 2		15 min (%)		30 min (%)		45 min (%)		60 min (%)	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1st cycle	CH_4	69.8	78.9	70	79	70.4	74.6	70.1	74
	CO_2	20.4	11.3	21	11.6	20.3	15.3	20.6	16.5
	O_2	1.2	1.2	1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.2
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8.6	8.6	8	8.3	8.2	8.8	8.2	8.3
2nd cycle	CH_4	70	79	69.8	76.9	70.2	75	70.5	73.8
	CO_2	21	10.4	20.7	13.1	20.2	14.8	19.9	15.4
	O_2	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.1	1.4
	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bal	8	9.5	8.4	8.9	8.4	8.9	8.5	9.4
3rd cycle	CH_4	70.4	80.1	70.5	78.9	70.6	76.9	70.2	74.7
	CO_2	19.8	9.9	20	11.3	21	13	20.9	15.5
	O_2	1	1.1	1	1.2	1.1	1.3	0.9	1.3
avg. temp	H_2S	0	0	0	0	0	0	0	0
32.75 C	Bal	8.8	8.9	8.5	8.6	8.3	8.8	8	8.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 16 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยใช้สารอาหารที่อัตราการจ่ายก๊าซชีวภาพ 0.005 วีวีเอ็ม, 0.04 ลิตรต่อนาที

	avg in	avg out
15min		
CH_4	70.23	79.95
%enrich	13.83	
CO_2	20.4	10.1
%reduct	50.49	
30min		
CH_4	70.2	78.28
%enrich	11.51	
CO_2	20.72	11.95
%reduct	42.31	
45min		
CH_4	70.35	75.87
%enrich	7.84	
CO_2	20.55	13.97
%reduct	32.03	
60min		
CH_4	70.3	74.22
%enrich	5.55	
CO_2	20.42	15.63
%reduct	23.43	

Total avg temp of experiment 33.0 ° ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณ จ.1 การคำนวณภาระบรรทุกคาร์บอนเมื่อเดินระบบโดยใช้ *Chlorella* sp. (Carbon loading rate)

1.1 ภาระบรรทุกคาร์บอนที่อัตราการไหล 0.05 วีวีเอ็ม

AVG CO_2 influent at 0.05vvm	=	24.24	% V/V
1ลบ.ม. มี CO_2	=	242.4	litre
คิดเป็น mol	=	9.893877551	mol
คิดเป็น gram	=	435.3306122	gram
ที่ flow	=	0.05	vvm
ขนาดคอลัมน์	=	8	litre
อัตราการไหลที่ใช้	=	0.4	l/min
	=	0.0004	m^3/min
1นาที CO_2 เข้าระบบ	=	0.174132245	g/min
1 ชม. CO_2 เข้าระบบ	=	10.44793469	g/hr
1 วัน CO_2 เข้าระบบ 3ชั่วโมง	=	31.3438	g/day
ความเข้มข้น *Chlorella* sp.เฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนี้	=	780.61	mg
ความเข้มข้น*Chlorella* sp. เฉลี่ยที่มีในคอลัมน์	=	6244.88	mg
	=	6.24488	g
Carbon Loading Rate (CLR)	=	**5.0191**	**per day**
หรือ	=	**1.673**	**per hour**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ภาระบรรทุกคาร์บอนที่อัตราการไหล 0.035 วีวีเอ็ม

AVG CO_2 influent at 0.035vvm	=	23.01	% V/V
1ลบ.ม. มี CO_2	=	230.1	litre
คิดเป็น mol	=	9.391836735	mol
คิดเป็น gram	=	413.2408163	gram
ที่ flow	=	0.035	vvm
ขนาดคอลัมน์	=	8	litre
อัตราการไหลที่ใช้	=	0.28	l/min
	=	0.00028	m^3/min
1นาที CO_2 เข้าระบบ	=	0.115707429	g/min
1 ชม. CO_2 เข้าระบบ	=	6.942445714	g/min
1 วัน CO_2 เข้าระบบ 3ชั่วโมง	=	20.82734	g/day
ความเข้มข้น *Chlorella* sp.เฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนี้	=	761.18	mg/l
ความเข้มข้น*Chlorella* sp. เฉลี่ยที่มีในคอลัมน์	=	6089.44	mg
	=	6.08944	g
Carbon Loading Rate (CLR)	=	**3.4202**	**per day**
	=	**1.1401**	**per hour**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 ภาระบรรทุกคาร์บอนที่อัตราการไหล 0.020 วีวีเอ็ม

AVG CO_2 influent at 0.02 vvm	=	25.18	% V/V
1ลบ.ม. มี CO_2	=	251.8	litre
คิดเป็น mol	=	10.27755102	mol
คิดเป็น gram	=	452.2122449	gram
ที่ flow	=	0.02	vvm
ขนาดคอลัมน์	=	8	litre
อัตราการไหลที่ใช้	=	0.16	l/min
	=	0.00016	m^3/min
1นาที CO_2 เข้าระบบ	=	0.072353959	g/min
1 ชม. CO_2 เข้าระบบ	=	4.341237551	g/min
1 วัน CO_2 เข้าระบบ 3ชั่วโมง	=	13.02371	g/day
ความเข้มข้น *Chlorella* sp.เฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนี้	=	797.4	mg/l
ความเข้มข้น*Chlorella* sp. เฉลี่ยที่มีในคอลัมน์	=	6379.2	mg
	=	6.3792	g
Carbon Loading Rate (CLR)	=	**2.0416**	**per day**
หรือ	=	**0.6805**	**per hour**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 ภาระบรรทุกคาร์บอนที่อัตราการไหล 0.005 วีวีเอ็ม

AVG CO_2 influent at 0.005 vvm	=	20.68	% V/V
1ลบ.ม. มี CO_2	=	206.8	litre
คิดเป็น mol	=	8.440816327	mol
คิดเป็น gram	=	371.3959184	gram
ที่ flow	=	0.005	vvm
ขนาดคอลัมน์	=	8	litre
อัตราการไหลที่ใช้	=	0.04	l/min
	=	0.00004	m^3/min
1 นาที CO_2 เข้าระบบ	=	0.014855837	g/min
1 ชม. CO_2เข้าระบบ	=	0.891350204	g/min
1 วัน CO_2เข้าระบบ 3 ชั่วโมง	=	2.674051	g/day
ความเข้มข้น *Chlorella* sp.เฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนี้	=	890.57	mg/l
ความเข้มข้น *Chlorella* sp. เฉลี่ยที่มีในคอลัมน์	=	7124.56	mg
	=	7.12456	g
Carbon Loading Rate (CLR)	=	**0.3753**	**per day**
หรือ	=	**0.1251**	**per hour**

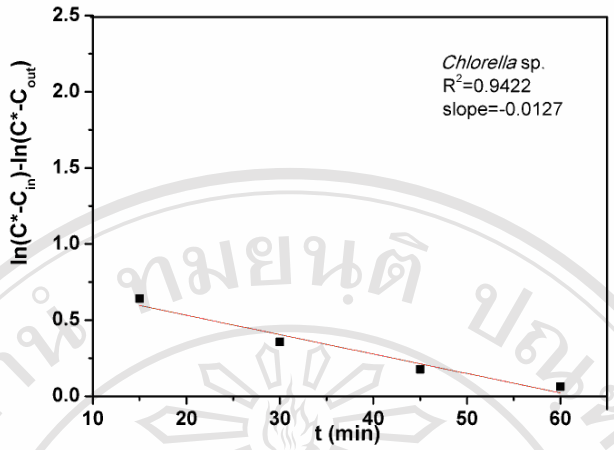
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณ จ.2 การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของก๊าคาร์บอนไดออกไซด์ (Liquid phase masstransfer coefficient coefficient, $K_La\ s^{-1}$)

ตัวอย่างการคำนวณK_La		Flow rate 0.05 vvm	ที่เวลา	15 นาที
สมมุติ Qg	=	0.4	l/min	
ขนาดหลอดส่วน Airlift	=	1.59	l	
Superficial V	=	0.11	cm/s	
CO_2 เข้า, C1 %	=	24.22	%	
CO_2ออก, C2 %	=	14.68	%	
Henry Constant	=	29.41		
C*	=	C1/(100*H)	mol/l	
	=	24.22/(100*29.41)	mol/l	
C*	=	0.008235294	mol/l	
pH	=	8.3		
		*if pH>7.0 H2CO3 is negligible		
Retention Time	=	Tube vol./Qg		
	=	1.59/0.4		
Retention Time	=	3.975	min	
liter CO_2 adsorbed	=	((C1-C2)/100)*Qg	*(RetentionTime/24.5)	
	=	(24.22-14.68)/100)	*0.4*(3.975/24.5)	
	=	0.006	mol	
delta C	=	liter CO_2 adsorbed	/Tube Volume (mol/l)	
	=	0.006/1.59		
	=	0.003773585	[C_{in}=0 ,H_2CO_3 is negligible]	
$\ln(C^*-C_{in})-\ln(C^*-C_{out})$	=	0.640		

จากนั้นคำนวณค่า $\ln(C^*-C_{in})-\ln(C^*-C_{out})$ ที่เวลา 30, 45, 60 นาที แล้วนำมาพล็อตกราฟระหว่าง $\ln(C^*-C_{in})-\ln(C^*-C_{out})$ กับเวลา แล้วหาค่า K_La ได้จากความชันของกราฟ ดังตัวอย่างในรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



เมื่อคำนวณค่า $\ln(C^*-C_{in})-\ln(C^*-C_{out})$ ครบ 4 ค่าแล้ว นำมาเขียนกราฟ ค่า K_La หาได้จากค่าความชันของกราฟ ในตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับ 0.0127 วินาที$^{-1}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง จ.1 ค่าคงของของเฮนรี่(Henry Constant)

ที่มา: Francis L. Smith and Allan H. Harvey (Sept. 2007)

Some forms of Henry's law and constants (gases in water at 298 K)				
equation:	$k_{H,pc} = \frac{p_{gas}}{c_{aq}}$	$k_{H,cp} = \frac{c_{aq}}{p_{gas}}$	$k_{H,px} = \frac{p_{gas}}{x_{aq}}$	$k_{H,cc} = \frac{c_{aq}}{c_{gas}}$
dimension:	$\left[\frac{L_{soln} \cdot atm}{mol_{gas}}\right]$	$\left[\frac{mol_{gas}}{L_{soln} \cdot atm}\right]$	$\left[\frac{atm \cdot mol_{soln}}{mol_{gas}}\right]$	**dimensionless**
O_2	769.23	1.3 E-3	4.259 E4	3.180 E-2
H_2	1282.05	7.8 E-4	7.099 E4	1.907 E-2
CO_2	29.41	3.4 E-2	0.163 E4	0.8317
N_2	1639.34	6.1 E-4	9.077 E4	1.492 E-2
He	2702.7	3.7 E-4	14.97 E4	9.051 E-3
Ne	2222.22	4.5 E-4	12.30 E4	1.101 E-2
Ar	714.28	1.4 E-3	3.955 E4	3.425 E-2
CO	1052.63	9.5 E-4	5.828 E4	2.324 E-2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายกฤษณ์ สิริกุลรัตน์
วัน เดือน ปี เกิด	20 กรกฎาคม 2530
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมตอนต้น โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษามัธยมตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved