



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาคผนวก ก

ผลของลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่าง
น้ำเข้าและออกของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งจากมูลไก่เนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ก.1 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำเข้าและน้ำออกถึงปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาพักเก็บ 30 วัน (Pretreated sample)

Day	น้ำเข้าระบบ (มก./ล.)					น้ำออกระบบ (มก./ล.)						
	pH	TKN	NH ₃	TS	VS	pH	TKN	NH ₃	VFA	Alk	TS	VS
8	7.70	4,788	465	248,597	200,139	7.50	4,256	1,570	2,218	7,188	137,983	101,427
15	7.60	5,541	504	238,822	190,227	7.70	4,819	1,444	2,293	7,784	129,047	94,318
22	7.60	5,350	395	244,543	197,443	7.50	4,470	1,377	3,018	8,185	141,434	104,039
26	7.60	4,629	391	250,597	202,554	7.40	4,319	1,037	2,382	7,951	153,030	113,661
29	7.90	5,305	539	244,533	196,740	7.40	4,543	1,660	3,580	8,512	128,265	93,439
33	7.80	5,030	555	256,855	206,585	7.50	3,019	1,619	3,435	8,529	137,981	101,444
36	7.70	5,441	448	258,396	201,559	7.50	3,378	1,631	3,562	8,964	135,220	98,310
40	7.70	3,544	547	267,616	212,674	7.50	4,878	1,980	2,620	9,307	155,500	113,700
43	7.90	4,428	630	253,247	199,200	7.40	6,086	2,293	3,101	8,883	153,420	112,580
45	7.60	4,884	541	258,739	202,252	7.50	4,687	1,550	3,291	9,088	165,383	122,383

ตาราง ก.2 ข้อมูลผลการติดตามระบบของถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 30 วัน (Pretreated sample)

Day	มูลไก่+น้ำ	มูลไก่ (g)	Biogas	Temp.	Biogas	Yield Biogas	Biogas	CH ₄	CO ₂	O ₂	BAL	H ₂ S	Yield Methane
	(kg)		(L)	(°C)	(NL)	(Nm ³ /kgVS _{added})	(NL/kg _{มูลไก่})	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(Nm ³ /kgVS _{added})
8	23.30	6,240.00	1044	29.8	941.3	3.042	150.85	50.7	37.4	0	11.9	3,020	1.542
15	23.30	6,240.00	1034	29.4	933.5	4.604	149.60	50.3	37.0	0	12.7	3,090	2.316
22	23.30	6,460.00	1177	29.1	1063.7	5.069	164.66	49.8	37.5	0	12.7	3,110	2.524
26	23.30	6,340.00	868	27.6	788.3	2.792	124.34	52.7	36.9	0	10.4	2,840	1.472
29	23.30	6,560.00	996	29.8	898.0	4.983	136.89	51.2	37.1	0	11.7	2,760	2.552
33	23.30	6,560.00	1192	28.3	1080.1	4.884	164.65	51.8	37.0	0	11.2	3,210	2.530
36	23.30	6,540.00	1408	27.9	1277.5	4.449	195.34	52.1	37.0	0	10.9	3,260	2.318
40	23.30	6,540.00	1031	27.8	935.8	7.794	143.08	53.1	36.8	0	10.1	3,780	4.139
43	23.30	6,460.00	1061	28.9	959.5	5.397	148.53	50.7	37.2	0	12.1	4,280	2.736
45	23.30	6,460.00	1136	30.8	1020.9	8.182	158.03	49.6	37.1	0	13.3	4,940	4.058

ตาราง ก.3 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำเข้าและน้ำออกถึงปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 45 วัน (Pretreated sample)

Day	น้ำเข้าระบบ (มก./ล.)					น้ำออกระบบ (มก./ล.)						
	pH	TKN	NH ₃	TS	VS	pH	TKN	NH ₃	VFA	Alk	TS	VS
10	7.50	5,533	401	252,879	205,000	7.40	6,432	2,154	2,109	11,821	133,417	94,617
17	8.10	5,479	840	260,839	198,881	7.30	3,603	1,659	1,685	7,611	77,800	50,883
24	8.00	4,360	300	251,030	203,537	7.30	4,166	1,655	1,487	8,826	55,433	32,467
28	8.10	5,272	667	249,321	191,667	7.40	5,226	1,867	1,069	8,636	123,467	87,288
31	7.70	5,562	618	242,202	188,274	7.40	5,204	1,685	1,612	9,702	113,525	79,613
35	8.00	4,636	453	256,387	207,613	7.50	6,074	2,132	1,814	9,770	137,380	97,740
38	8.20	4,156	512	246,124	198,820	7.50	4,756	1,886	1,373	8,961	88,737	59,750
41	7.90	4,657	1,016	269,854	220,874	7.60	6,626	2,007	1,547	9,498	122,529	85,100
45	8.00	4,286	264	250,275	202,700	7.40	5,204	1,700	2,346	8,809	113,800	78,843
49	7.50	5,983	855	239,924	192,471	7.50	5,120	1,678	2,523	8,710	125,811	88,756
52	7.90	6,423	630	237,590	190,216	7.60	5,211	1,628	3,156	9,227	118,843	83,386
56	7.00	7,763	797	260,037	208,165	7.40	6,180	1,871	3,772	9,604	146,200	103,100
59	7.40	6,950	730	261,446	210,723	7.60	6,165	1,935	4,807	9,964	123,422	87,089
63	7.50	7,248	944	257,692	206,109	7.60	5,847	1,916	4,928	9,453	127,067	89,289
66	7.70	6,482	1,023	253,730	203,027	7.30	6,726	2,265	5,051	9,407	146,517	105,183
70	7.30	6,638	842	260,073	210,269	7.30	6,522	2,018	5,828	10,634	153,388	110,850
73	7.50	7,006	917	262,064	211,422	7.20	6,544	2,364	5,040	9,336	149,371	106,629

ตาราง ก.4 ข้อมูลผลการติดตามระบบของถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลากักเก็บ 45 วัน (Pretreated sample)

Day	มูลไก่+น้ำ	มูลไก่ (g)	Biogas	Temp.	Biogas	Yield Biogas	Biogas	CH ₄	CO ₂	O ₂	BAL	H ₂ S	Yield Methane
	(kg)		(L)	(°C)	(NL)	(Nm ³ /kgVS _{added})	(NL/kg _{มูลไก่})	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(Nm ³ /kgVS _{added})
10	15.60	4,200.00	760	25.1	696.0	0.218	165.72	51.4	37.8	0	10.8	2,440	0.112
17	15.60	4,320.00	792	23.7	728.8	0.235	168.70	51.7	38.0	0	10.3	2,650	0.121
24	15.60	4,300.00	693	24.6	635.7	0.200	147.85	51.3	37.3	0	11.4	1,730	0.103
28	15.60	4,280.00	505	22.3	466.9	0.156	109.08	52.2	36.7	0	11.1	1,710	0.082
31	15.60	4,180.00	636	24.5	583.6	0.199	139.63	49.5	38.2	0	12.3	870	0.098
35	15.60	4,100.00	460	25	421.4	0.130	102.79	49.6	37.8	0	12.6	2,670	0.065
38	15.60	4,140.00	431	24.2	395.9	0.128	95.63	50.3	37.8	0	11.9	1,470	0.064
41	15.60	4,160.00	477	21.3	442.5	0.128	106.37	50.1	38.2	0	11.7	790	0.064
45	15.60	4,360.00	497	20.8	461.8	0.146	105.92	49.7	38.8	0	11.5	920	0.073
49	15.60	4,360.00	547	23.6	503.5	0.168	115.48	44.9	39.9	0	15.2	560	0.075
52	15.60	4,360.00	583	23.8	536.3	0.181	123.00	44.1	40.5	0	15.4	1,860	0.080
56	15.60	4,320.00	571	23.6	525.6	0.162	121.66	44.1	40.9	0	15.0	2,010	0.071
59	15.60	4,540.00	765	26.6	697.1	0.212	153.55	43.6	41.8	0	14.6	2330	0.092
63	15.60	4,540.00	792	23.9	728.3	0.227	160.41	46.9	39.8	0	13.3	2320	0.106
66	15.60	4,540.00	706	23.7	649.6	0.205	143.09	47.9	39.4	0	12.7	2,380	0.098
70	15.60	4,540.00	772	24.6	708.2	0.216	156.00	47.7	39.7	0	12.6	2,820	0.103
73	15.60	4,540.00	769	24.5	705.7	0.214	155.44	48.6	39.2	0	12.2	2,700	0.104

ตาราง ก.5 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำเข้าและน้ำออกถึงปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน (Pretreated sample)

Day	น้ำเข้าระบบ (มก./ล.)					น้ำออกระบบ (มก./ล.)						
	pH	TKN	NH ₃	TS	VS	pH	TKN	NH ₃	VFA	Alk	TS	VS
14	7.30	2,695		105,050	75,180	7.40	1,865	1,008	955	5,092	56,930	38,540
20	7.50	1,828		167,068	126,358	7.20		1,113	708	4,693	84,284	55,920
28	7.40	3,866		157,014	120,314	7.20	3,169	1,270	844	5,199	120,221	70,625
35	8.00	3,629		152,020	114,847	7.30	2,990	1,284	1,044	4,896	87,141	54,686
42	7.80	4,001		174,220	136,484	7.30	3,519	1,359	1,003	6,207	114,931	82,066
49	8.10	3,818		152,096	118,994	7.50	3,606	1,368	1,347	6,413	101,286	70,314
56	7.40	3,080		109,352	84,050	7.70	3,540	1,400	1,454	6,515	102,781	69,738
60	8.30	4,756	707	196,595	159,079	7.90	4,049	1,417	1,311	6,850	95,311	66,967
63	8.10	3,944	374	216,141	174,022	7.50	4,422	1,359	2,008	6,441	168,974	127,964
67	7.90	4,339	514	216,881	174,665	7.30	3,582	1,475	1,769	7,045	131,311	96,722
70	7.20	3,017	296	245,020	196,566	7.30	2,034	1,466	2,099	6,666	143,678	103,600
71	7.00	2,448	153	265,267	209,399	7.60	3,972	1,391	1,489	7,046	117,200	33,395
77	8.40	3,949	433	226,172	183,656	7.80	4,003	1,437	1,592	7,468	123,578	89,428
81	7.70	4,210	288	216,502	175,910	7.60	4,546	1,500	1,871	7,838	124,929	90,624
84	8.20	4,494	526	220,207	176,848	7.40	4,062	1,436	1,467	6,667	95,922	63,322
88	7.80	3,637	322	241,470	194,863	7.40	4,014	1,564	1,943	7,211	129,396	93,970
90	7.60	4,821	436	259,225	208,327	7.40	4,135	1,578	1,732	7,343	134,806	98,717

ตาราง ก.6 ข้อมูลผลการติดตามระบบของถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลากักเก็บ 60 วัน (Pretreated sample)

Day	มูลไก่+น้ำ	มูลไก่ (g)	Biogas	Temp.	Biogas	Yield Biogas	Biogas	CH ₄	CO ₂	O ₂	BAL	H ₂ S	Yield Methane
	(kg)		(L)	(°C)	(NL)	(Nm ³ /kgVS _{added})	(NL/kgมูลไก่)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(Nm ³ /kgVS _{added})
14	8.30	2,253.35	430	30.4	386.9	0.620	171.72	49.9	49.3	0.3	0.5	3,644	0.309
20	8.30	2,253.23	469	30.5	421.9	0.402	187.24	50.4	48.8	0.2	0.6	3,603	0.203
28	8.30	2,253.20	462	33.4	411.7	0.412	182.70	50.9	48.4	0.2	0.5	4,074	0.210
35	8.30	2,253.20	555	29.9	500.2	0.525	222.01	53.8	35.5	0	10.7	5,000	0.282
42	8.30	2,253.62	442	27.3	401.8	0.355	178.31	50.8	48.4	0.2	0.6	3,730	0.180
49	8.30	2,253.26	461	30.7	414.4	0.420	183.92	52.7	39.8	0	7.5	2,430	0.221
56	8.30	2,253.66	402	28.9	363.5	0.521	161.31	55.1	39.1	0	5.8	3,130	0.287
60	11.66	2,976.79	462	30.6	415.5	0.224	139.57	53.6	38.8	0	7.6	2,760	0.120
63	11.66	2,976.12	745	29.8	671.7	0.331	225.70	53.7	38.8	0	7.5	2,620	0.178
67	11.66	2,976.28	529	28.8	478.5	0.235	160.79	53.1	39.0	0	7.9	2,590	0.125
70	11.66	2,976.07	573	30.3	515.8	0.225	173.31	52.7	38.6	0	8.7	2,460	0.119
71	11.66	2,976.41	542	29.3	489.5	0.200	164.46	52.9	38.7	0	8.4	2,580	0.106
77	11.66	2,976.05	566	29.3	511.2	0.239	171.76	52.0	38.3	0	9.7	2,850	0.124
81	11.66	2,976.98	550	25.7	502.7	0.245	168.86	51.3	42.1	0.1	6.5	3,120	0.126
84	11.66	2,976.36	572	30.9	513.9	0.249	172.65	51.7	37.9	0	10.4	2,450	0.129
88	11.66	2,976.11	584	29.1	527.8	0.232	177.34	51.6	37.4	0	11.0	2,660	0.120
90	11.66	3,360.00	626	31.9	560.5	0.231	166.83	51.2	37.2	0	11.6	2,660	0.118

ตาราง ก.7 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำเข้าและน้ำออกถึงปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 30 วัน (Control)

Day	น้ำเข้าระบบ (มก./ล.)					น้ำออกระบบ (มก./ล.)						
	pH	TKN	NH ₃	TS	VS	pH	TKN	NH ₃	VFA	Alk	TS	VS
4	8.40	7,300	1,272	258,325	206,193	7.20	5,048	2,290	5,521	10,485	97,333	76,517
8	8.20	7,518	956	253,474	202,300	7.30	4,967	2,419	5,472	11,065	117,122	83,867
11	8.10	7,040	1,544	256,385	203,850	7.30	5,000	2,758	4,574	10,205	105,014	72,757
15	8.60	7,194	1,633	254,409	201,838	7.40	5,967	2,750	3,719	10,782	127,033	89,900
18	8.60	6,860	1,155	249,781	198,832	7.40	6,000	2,685	4,498	12,952	122,788	85,125
22	8.70	5,838	1,408	241,301	192,195	7.70	6,403	2,830	3,507	11,455	127,387	88,825
25	8.60	7,192	1,228	229,112	182,426	7.80	7,419	3,359	4,163	14,828	144,638	101,113
29	8.30	6,677	1,141	252,810	206,928	7.80	6,967	3,367	3,834	15,324	132,029	90,643
32	8.40	7,142	1,129	247,535	201,831	7.90	7,080	3,334	3,996	15,642	125,014	86,700
36	8.30	7,117	1,190	244,498	199,759	7.90	6,693	3,532	3,121	16,006	92,414	58,014
39	8.30	6,165	882	255,889	209,667	7.80	7,338	4,181	4,443	16,374	136,920	91,280
43	8.20	6,815	1,039	254,731	208,615	7.70	7,838	4,105	5,597	16,504	134,957	93,657
46	8.10	5,951	822	262,006	212,097	7.90	7,096	3,766	5,630	16,363	151,957	106,671
50	8.00	6,012	845	260,089	210,783	7.80	7,064	3,921	6,327	15,820	159,420	113,120
53	8.40	6,187	916	265,872	215,314	7.70	7,144	3,866	8,855	18,521	158,220	112,148

ตาราง ก.8 ข้อมูลผลการติดตามระบบของถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลากักเก็บ 30 วัน (Control)

Day	มูลไก่+น้ำ	มูลไก่ (g)	Biogas	Temp.	Biogas	Yield Biogas	Biogas	CH ₄	CO ₂	O ₂	BAL	H ₂ S	Yield Methane
	(kg)		(L)	(°C)	(NL)	(Nm ³ /kgVS _{added})	(NL/kg _{มูลไก่})	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(Nm ³ /kgVS _{added})
4	23.30	6,780.00	768	27.1	698.7	0.145	103.05	48.6	42.1	0	9.3	5,160	0.071
8	23.30	6,780.00	1147	26.0	1047.3	0.222	154.47	49.4	44.5	0	6.1	6,380	0.110
11	23.30	6,780.00	1094	28.9	989.3	0.208	145.92	50.7	42.5	0	6.8	5,850	0.106
15	23.30	6,780.00	1235	29.9	1113.2	0.237	164.18	49.9	43.4	0	6.7	5,580	0.118
18	23.30	6,780.00	1337	28.6	1210.3	0.261	178.51	52.3	42.3	0	5.4	5,260	0.137
22	23.30	6,780.00	1470	29.9	1325.0	0.296	195.42	51.9	42.1	0	6.0	4,790	0.154
25	23.30	6,780.00	1448	32.8	1292.8	0.304	190.67	49.7	44.2	0	6.1	5,200	0.151
29	23.30	6,480.00	1381	33.3	1230.9	0.255	189.96	49.8	45.1	0	5.1	4,470	0.127
32	23.30	6,480.00	1488	32.8	1328.5	0.282	205.01	50.7	41.8	0	7.5	3,540	0.143
36	23.30	6,480.00	1384	31.6	1240.5	0.267	191.43	52.1	41.1	0	6.8	3,650	0.139
39	23.30	6,480.00	1301	32.4	1163.0	0.238	179.48	49.6	43.0	0	7.4	3,410	0.118
43	23.30	6,480.00	1399	34.4	1242.5	0.256	191.75	48.5	43.7	0	7.8	3,620	0.124
46	23.30	6,480.00	1245	34.0	1107.2	0.224	170.86	48.7	42.7	0	8.6	3,700	0.109
50	23.30	6,480.00	1319	33.6	1174.5	0.239	181.25	49.5	43.8	0	6.7	3,500	0.118
53	23.30	6,480.00	1264	35.8	1117.5	0.223	172.46	50.9	46.2	0	2.9	3,960	0.113

ตาราง ก.9 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำเข้าและน้ำออกถึงปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 45 วัน (Control)

Day	น้ำเข้าระบบ (มก./ล.)					น้ำออกระบบ (มก./ล.)						
	pH	TKN	NH ₃	TS	VS	pH	TKN	NH ₃	VFA	Alk	TS	VS
10	8.70	4,901	743	238,602	185,841	7.40	4,818	2,347	2,556	10,145	112,000	76,920
17	8.60	4,641	414	254,667	208,370	7.50	4,066	2,083	1,256	10,684	69,957	45,529
24	8.90	5,420	816	258,256	194,923	7.50	2,984	2,026	1,273	11,976	33,983	16,533
28	8.30	5,410	1,230	260,976	199,146	7.40	5,150	2,208	2,932	11,358	73,800	46,733
31	9.20	5,079	1,050	255,591	194,194	7.40	6,135	2,367	2,288	11,201	109,662	70,827
35	8.30	5,344	660	258,293	196,976	7.60	5,590	2,291	1,928	10,389	143,057	99,820
38	8.40	5,030	1,132	273,632	206,866	7.50	4,075	3,446	1,673	11,587	80,250	51,988
41	8.60	4,817	670	281,906	216,341	7.60	5,999	3,219	1,960	11,899	117,080	74,140
45	8.80	5,668	408	255,352	208,711	7.70	4,408	2,230	2,364	11,042	90,200	57,817
49	8.70	5,542	194	296,759	242,925	7.50	6,029	2,477	3,942	11,426	104,329	65,557
52	8.50	4,850	318	237,112	194,310	7.40	5,499	2,480	4,667	12,082	142,300	96,310
56	8.40	4,533	496	252,907	207,313	7.40	6,180	2,802	6,251	11,784	134,110	88,990
59	8.30	5,137	1,079	267,965	214,477	7.40	5,809	2,530	7,994	11,868	102,900	66,629
63	8.40	6,856	1,172	252,377	201,211	7.40	5,855	2,696	10,474	11,889	107,343	69,814
66	8.50	6,642	1,286	252,701	201,667	7.50	6,248	2,708	8,834	11,431	128,578	86,711
70	8.20	6,647	1,190	237,582	189,959	7.50	5,105	2,560	11,662	13,767	109,275	74,113
73	8.20	7,118	1,138	252,877	201,397	7.50	5,953	3,137	13,511	14,221	145,314	99,129

ตาราง ก.10 ข้อมูลผลการติดตามระบบของถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 45 วัน (Control)

Day	มูลไก่+น้ำ	มูลไก่ (g)	Biogas	Temp.	Biogas	Yield Biogas	Biogas	CH ₄	CO ₂	O ₂	BAL	H ₂ S	Yield Methane
	(kg)		(L)	(°C)	(NL)	(Nm ³ /kgVS _{added})	(NL/kg _{มูลไก่})	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(Nm ³ /kgVS _{added})
10	15.50	4,620.00	553	25.1	506.5	0.176	109.62	49.4	37.4	0	13.2	2,660	0.087
17	15.50	4,620.00	530	23.7	487.7	0.151	105.56	49.0	38.3	0	12.7	3,820	0.074
24	15.50	4,620.00	457	24.6	419.2	0.139	90.75	46.9	39.8	0	13.3	3,700	0.065
28	15.50	4,620.00	536	22.3	495.5	0.161	107.26	47.5	38.7	0	13.8	3,070	0.076
31	15.50	4,620.00	545	24.5	500.1	0.166	108.26	48.8	38.0	0	13.2	2,800	0.081
35	15.50	4,620.00	688	25.0	630.3	0.206	136.43	53.9	36.2	0	9.9	4,210	0.111
38	15.50	4,620.00	655	24.2	601.7	0.188	130.24	50.8	38.1	0	11.1	3,820	0.095
41	15.50	4,620.00	585	21.3	542.7	0.162	117.46	51.8	37.7	0	10.5	3,420	0.084
45	15.50	4,400.00	551	20.8	512.0	0.158	116.37	50.8	38.9	0	10.3	2,850	0.080
49	15.50	4,400.00	550	23.6	506.3	0.134	115.06	45.3	41.8	0	12.9	2,420	0.061
52	15.50	4,400.00	470	23.8	432.3	0.144	98.26	43.9	41.1	0	15.0	1,650	0.063
56	15.50	4,400.00	414	23.6	381.1	0.119	86.61	40.6	42.6	0	16.8	2,790	0.048
59	15.50	4,520.00	600	26.6	546.8	0.164	120.96	36.8	45.6	0	17.6	3480	0.061
63	15.50	4,520.00	708	23.9	651.0	0.209	144.03	41.2	44.2	0	14.6	3640	0.086
66	15.50	4,520.00	661	23.7	608.2	0.195	134.56	44.1	42.4	0	13.5	3710	0.086
70	15.50	4,520.00	710	24.6	651.3	0.221	144.10	45.2	41.4	0	13.4	4110	0.100
73	15.50	4,520.00	745	24.5	683.7	0.219	151.26	43.3	40.8	0	15.9	4,030	0.095

ตาราง ก.11 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำเข้าและน้ำออกถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน (Control)

Day	น้ำเข้าระบบ (มก./ล.)					น้ำออกระบบ (มก./ล.)						
	pH	TKN	NH ₃	TS	VS	pH	TKN	NH ₃	VFA	Alk	TS	VS
14	8.40	4,287	712	254,316	198,623	7.30	2,506	1,377	1,570	6,479	78,552	59,757
21	8.30	5,264	766	255,165	206,334	7.50	2,330	1,386	1,635	6,898	62,331	45,905
28	8.50	5,256	772	257,387	209,146	7.50	2,662	1,613	1,759	7,712	46,112	30,508
35	8.40	4,729	798	252,082	204,406	7.40	3,119	1,406	2,103	8,305	112,628	83,672
42	8.30	6,702	913	258,863	208,495	7.60	2,635	1,741	1,810	8,315	76,374	55,483
49	8.10	4,331	606	264,124	210,858	7.50	3,287	1,870	2,255	8,731	134,846	101,377
56	8.70	4,577	595	261,713	211,822	7.40	3,067	1,957	2,370	9,213	32,232	18,260
59	8.70	5,380	655	258,920	209,527	7.40	2,776	1,913	2,120	9,763	25,874	13,181
63	8.60	3,915	595	262,031	213,490	7.60	3,654	2,111	2,439	10,800	39,000	22,400
66	8.70	4,633	557	267,326	218,022	7.60	4,237	2,497	2,907	10,091	116,660	84,740
70	8.60	5,256	695	265,858	216,119	7.60	3,672	2,312	2,368	9,865	114,011	83,178
73	8.10	5,089	589	262,094	212,491	7.60	2,864	2,178	2,252	11,227	32,640	17,990
77	8.20	4,516	533	269,562	220,401	7.60	4,445	2,581	2,432	10,979	80,888	54,788
80	8.20	5,066	683	275,115	224,389	7.60	4,997	2,467	2,630	11,597	51,988	30,812
84	8.80	4,520	436	265,443	216,164	7.60	4,072	2,081	2,393	11,969	83,762	58,387
87	8.10	5,067	821	256,154	203,558	7.80	4,348	2,588	2,349	11,784	68,917	44,367
88	8.40	4,961	724	262,373	208,842	7.70	4,148	2,505	2,106	12,185	40,825	22,775

ตาราง ก.12 ข้อมูลผลการติดตามระบบของถังปฏิกรณ์แบบแห้งที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน (Control)

Day	มูลไก่+น้ำ	มูลไก่ (g)	Biogas	Temp.	Biogas	Yield Biogas	Biogas	CH ₄	CO ₂	O ₂	BAL	H ₂ S	Yield Methane
	(kg)		(L)	(°C)	(NL)	(Nm ³ /kgVS _{added})	(NL/kg _{มูลไก่})	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(Nm ³ /kgVS _{added})
14	11.66	3,500.00	939	25.7	858.2	0.371	245.21	54.9	36.8	0	8.3	1,810	0.203
21	11.66	3,500.00	637	29.1	575.7	0.239	164.48	51.6	37.1	0	11.3	1,920	0.123
28	11.66	3,500.00	607	30.9	545.3	0.224	155.80	52.0	35.6	0	12.4	2,030	0.116
35	11.66	3,500.00	596	30.1	536.8	0.225	153.38	51.0	34.9	0	14.1	1,450	0.115
42	11.66	3,500.00	591	25.3	540.9	0.222	154.54	49.8	36.9	0	13.3	1,830	0.111
49	11.66	3,500.00	563	27.6	511.3	0.208	146.10	55.5	33.1	0	11.4	3,150	0.115
56	11.66	3,500.00	602	28	546.0	0.221	156.01	50.1	36.7	0	13.2	2,610	0.111
59	11.66	3,500.00	845	27.3	768.2	0.314	219.49	54.0	34.8	0	11.2	2,400	0.170
63	11.66	3,500.00	553	27	503.3	0.202	143.79	52.0	36.1	0	11.9	2,900	0.105
66	11.66	3,500.00	469	28.9	424.1	0.167	121.18	52.2	36.1	0	11.7	2,350	0.087
70	11.66	3,500.00	660	32.2	590.4	0.234	168.69	48.5	35.1	0	16.4	1,740	0.114
73	11.66	3,500.00	733	30	660.5	0.267	188.70	52.7	36.8	0	10.5	2,530	0.140
77	11.66	3,500.00	629	29.3	568.1	0.221	162.30	52.4	36.0	0	11.6	2,370	0.116
80	11.66	3,500.00	712	29	643.7	0.246	183.90	51.0	39.0	0	10.0	2,120	0.125
84	11.66	3,500.00	510	30.1	459.4	0.182	131.25	50.8	34.5	0	14.7	1,470	0.093
87	11.66	3,360.00	579	30	521.7	0.220	155.27	51.1	37.0	0	11.9	1,530	0.112
88	11.66	3,360.00	567	27.2	515.7	0.212	153.47	51.3	37.7	0	11.0	2,130	0.109



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณ ข.1 การหาอัตราการป้อนของเสียเข้าระบบ

จาก ระยะเวลาพักเก็บ 60 วัน (RT)

ปริมาตรการหมัก 700 ลิตร (V)

$$Q = \frac{V}{RT} = \frac{700 \text{ l}}{60 \text{ day}} = 11.67 \text{ ลิตรต่อวัน}$$

หรือเท่ากับ 11.67 กิโลกรัมต่อวัน

ตัวอย่างการคำนวณ ข.2 การหาน้ำหนักมูลไก่ที่ป้อนเข้าระบบที่ TS 25%

หาว่าใน 1 วันที่ป้อนใช้มูลไก่เนื้อกี่กิโลกรัม (หา V_2) ?

- จาก BMP 1:3 ซึ่งใช้มูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นมีค่า TS = 983,917 mg/kg

- โดยให้ $C_1 = TS_1 = 25\% \times 983,917 = 245,979 \text{ mg/kg}$ และ $V_1 = 11.67 \text{ kg}$

- และจากตัวอย่างมูลไก่ ขะคำป้อฟาร์ม รอบที่ 1 ที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นแล้วให้เป็น

$C_2 = TS_2 = 897,421 \text{ mg/kg}$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{C_1 V_1}{C_2} = \frac{245,979 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 11.67 \text{ kg}}{897,421 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}} = 3.2 \text{ kg}$$

ดังนั้นต้องใช้มูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว 3.2 กิโลกรัม ผสมกับน้ำจมน้ำหนักรวม 11.67 กิโลกรัม ในการป้อนของเสียเข้าระบบที่ระยะเวลาพักเก็บ 60 วัน

ตัวอย่างการคำนวณ ข.3 การคำนวณหาปริมาณก๊าซชีวภาพ

V_1 คือปริมาตรก๊าซที่อ่านได้จากมิเตอร์มีค่า 939 ลิตรมาตรฐานต่อวัน

P คือความดันบรรยากาศจังหวัดเชียงใหม่

P_{atm} คือความดันบรรยากาศ

T_0 คืออุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส คือ 273.15 K

T คืออุณหภูมิแวดล้อมที่วัดได้มีค่า $25.7 + 273.15 = K$

โดย $P = P_{atm}$

$$\text{biogas volume} = \frac{V_1 \times P \times T_0}{T \times P_{atm}} = \frac{939 \times 273.15}{298.85} = 858.2 \text{ ลิตรมาตรฐานต่อวัน}$$

หรือปริมาณก๊าซชีวภาพมีค่า 0.858 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตัวอย่างการคำนวณ ข.4 การหาอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและอัตราการผลิตก๊าซมีเทน

- จากตัวอย่างการคำนวณ ข.3 ได้ปริมาณชีวภาพมีค่า 0.858 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

- ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งระเหยของน้ำเข้าระบบมีค่า 198,623 มิลลิกรัมต่อลิตร

- อัตราการป้อนของเสียเข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน มีค่า 11.67 ลิตรต่อวัน หรือ 11.67 กิโลกรัมต่อวัน

- สัดส่วนก๊าซมีเทนที่วัดได้มีค่าร้อยละ 54.9

$$\text{หาปริมาณมูลไก่ที่เข้าระบบในรูปของแข็งระเหย} \quad \boxed{?} = \frac{198,623 \times 11.67}{1,000,000} = 2.32$$

kgVS_{added}

$$\text{ดังนั้น อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพมีค่า} \quad \boxed{?} = \frac{0.858}{2.32} = 0.370 \text{ Nm}^3/\text{kgVS}_{\text{added}}$$

$$\text{และอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพมีค่า} \quad 0.370 \times 54\% = 0.200 \text{ Nm}^3/\text{kgVS}_{\text{added}}$$

ตัวอย่างการคำนวณ ข.5 การหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อปริมาณมูลไก่เนื้อ

- จากตัวอย่างการคำนวณ ข.2 ใช้มูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว 3.2 กิโลกรัม ผสมกับน้ำจมน้ำหนักรวม 11.67 กิโลกรัม ในการป้อนของเสียเข้าระบบที่ระยะเวลาพักเก็บ 60 วัน

- จากตัวอย่างการคำนวณ ข.3 ได้ปริมาณชีวภาพมีค่า 0.858 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 858 ลิตรมาตรฐานต่อวัน

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อปริมาณมูลไก่เนื้อ = $\frac{858}{3.2} = 268.13$ ลิตรมาตรฐานต่อ
กิโลกรัมมูลไก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณ ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งจากมูลไก่เนื้อที่ไม่ผ่านการปรับสภาพที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน

- 1) ระยะเวลาเก็บที่เหมาะสม 60 วัน
- 2) รองรับฟาร์มไก่เนื้อจำนวน 300,000 ตัวต่อรอบการเลี้ยง
- 3) จะมีมูลไก่ (300,000 ตัว/รอบ) / (1,000 ตัว/ตัน) = 300 ตันต่อรอบการเลี้ยง
- 4) 1 รอบการเลี้ยงมี 30 วัน ดังนั้นต้องใช้มูลไก่เดินระบบ (300 ตัน) / (30 วัน) = 10 ตันต่อวัน
- 5) ต้องใช้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร
- 6) ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ 1,625 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
- 7) ปุ๋ยที่ได้ (10 ตัน/วัน) x 0.2 = 2 ตันต่อวัน
- 8) ค่าปุ๋ย 2,000 บาทต่อตัน

ผลตอบแทนจากปุ๋ยเท่ากับ 4,000 บาทต่อวัน หรือ

ผลตอบแทนจากปุ๋ยเท่ากับ $4,000 \times 330 = 1,320,000$ บาทต่อปี

- 9) ผลตอบแทนขับพัคผลโรงเรือน
 - a. ค่าไฟฟ้า 3.50 บาทต่อหน่วย ตามอัตรา TOU (Time of Use)
 - b. ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 1.4 หน่วยไฟฟ้า
 - c. ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันและ 330 วันต่อปี

$$= (1,625 \text{ m}^3/\text{วัน}) \times (1.4 \text{ kw-hr/ m}^3) \times (3.5 \text{ บาท/kw-hr})$$

$$= 7,962.50 \text{ บาทต่อวัน}$$

$$= 2,627,625 \text{ บาทต่อปี}$$

- 10) เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (biogas or natural gas generator) ขนาด 150 kW ราคาประมาณ 1,500,000 บาท

- a. ค่าบำรุงรักษาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าคิดเป็น 45 สตางค์ต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 1.4 หน่วยไฟฟ้า)

- b. ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันและ 330 วันต่อปี ดังนั้นค่าบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า

$$= (1,625 \text{ m}^3/\text{วัน}) \times (1.4 \text{ kw-hr/ m}^3) \times (0.45 \text{ บาท/ kw-hr})$$

$$= 1,023.75 \text{ บาทต่อวัน หรือ } 337,838 \text{ บาทต่อปี}$$

ตาราง ค.1 การประเมินเงินลงทุนในการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตร ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา (บาท)
1	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้ง	1	ชุด	9,791,005
	- โครงสร้างถังหมัก			3,000,000
	- ฐานราก			600,000
	- ใบกวน			4,397,312
	- ระบบเก็บสำรองก๊าซชีวภาพ			1,147,125
	- ถังควบคุมแรงดันก๊าซชีวภาพ			30,000
	- ระบบลำเลียงวัตถุดิบ			344,138
	- ระบบควบคุมการทำงาน			272,430
2	ระบบดักกากตะกอน	1	ชุด	137,700
3	ระบบท่อและวาล์วต่างๆ	1	ชุด	109,505
4	ลานตากตะกอน	1	ชุด	912,240
	- งานดิน			240,507
	- งานคอนกรีต			552,766
	- งานอุปกรณ์กรอง			76,032
	- อุปกรณ์ท่อและวาล์ว			42,935
รวมทั้งสิ้น				10,950,450

ที่มา: การประเมินราคาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560

ตาราง ค.2 การประเมินค่าเดินระบบและดูแลรักษาระบบก๊าซชีวภาพแบบแห้งขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตร

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
ค่าไฟฟ้า	6,930
ค่าแรงงาน	396,000
ค่าดูแลรักษาระบบ	164,257
รวม	567,187

ดัดแปลงจาก: การประเมินราคาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560

ตาราง ค.3 การประเมินเงินลงทุนระบบปรับสภาพมูลไก่เนื้อขนาด 10 ตันต่อวัน

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา (บาท)
1	Building	1	ชุด	500,000
2	Heating System	1	ชุด	390,500
3	Vacuum System	1	ชุด	150,000
4	Piping System and Other	1	ชุด	5,000
5	Electrical & Control System	1	ชุด	3,000
6	Safety System	1	ชุด	1,500
รวมทั้งสิ้น				1,050,000

ดัดแปลงจาก: การประเมินราคาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560

ตาราง ค.4 ต้นทุนค่าเดินระบบและดูแลรักษาระบบปรับสภาพมูลไก่เนื้อขนาด 10 ตันต่อวัน

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ค่าไฟฟ้า	5,082
ค่าแรงงาน	396,000
ค่าดูแลรักษาระบบ	171,000
รวม	572,082

ดัดแปลงจาก: การประเมินราคาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการการคำนวณค่าไฟฟ้า ตาราง ค.4

จากสมมติฐานของระบบปรับสภาพมูลไก่เนื้อขนาด 10 ตันต่อวัน ทำงานได้รอบละ 2.5 ตัน
ทำงานวันละ 4 รอบ

- 1) ค่าไฟฟ้า 3.50 บาทต่อหน่วย ตามอัตรา TOU (Time of Use)
- 2) ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 330 วันต่อปี
- 3) ใช้ปั๊มสุญญากาศ ยี่ห้อ First รุ่น FX60 ขนาด 2.2 กิโลวัตต์ (flow 63 m³/hr) จำนวน 1 ตัว โดยเปิดใช้งานวันละ 2 ชั่วโมง (ครั้งละ 30 นาที ใช้งานวันละ 4 ครั้ง)

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นค่าไฟฟ้า} &= (2.2 \text{ kw/ตัว}) \times (1 \text{ ตัว}) \times (330 \text{ วัน/ปี}) \times (2 \text{ hr/วัน}) \times (3.5 \text{ บาท/kw-hr}) \\ &= 5,082 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าแรงงาน ตาราง ค.4

จากสมมติฐานของระบบปรับสภาพมูลไก่เนื้อขนาด 10 ตันต่อวัน

- 1) ค่าช่างเทคนิคดูแลระบบประมาณ 15,000 บาทต่อเดือน จำนวน 1 คน
- 2) ค่าคนงาน 9,000 บาทต่อเดือน จำนวน 2 คน

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นค่าแรงงาน} &= (15,000 \text{ บาท/เดือน}) \times (12 \text{ เดือน/ปี}) + (9,000 \text{ บาท/เดือน}) \times (12 \text{ เดือน/ปี}) + \\ &\quad (9,000 \text{ บาท/เดือน}) \times (12 \text{ เดือน/ปี}) \\ &= 396,000 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าดูแลรักษาระบบ ตาราง ค.4

จากสมมติฐานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้ง

- 1) ค่าบำรุงรักษาคิดเป็น 2.0% ต่อปีของราคาระบบปรับสภาพมูลไก่เนื้อขนาด 10 ตันต่อวัน
- 2) ค่าน้ำมันปั๊มสุญญากาศ จำนวน 4 ลิตร โดยถ่ายน้ำมันปั๊ม 2 วันต่อครั้ง ดังนั้น 1 ปี
ใช้ $(330 \times 4)/2 = 660$ ลิตร คิดเป็นเงินประมาณ 150,000 บาท (ราคาอ้างอิงร้าน
นานาสกรู เชียงใหม่ 3.75 ลิตร ราคา 800 บาท ราคารวมภาษี VAT 7% แล้ว)

$$\begin{aligned}\text{ค่าดูแลรักษาระบบ} &= (1,050,000 \times 0.02) + 150,000 \\ &= 171,000 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ตาราง ค.5 การประเมินเงินลงทุนในการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา (บาท)
1	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้ง	1	ชุด	19,275,501
	- โครงสร้างถังหมัก			6,000,000
	- ฐานราก			1,200,000
	- ใบกวน			8,794,624
	- ระบบเก็บสำรองก๊าซชีวภาพ			2,294,250
	- ถังควบคุมแรงดันก๊าซชีวภาพ			30,000
	- ระบบลำเลียงวัตถุดิบ			684,197
	- ระบบควบคุมการทำงาน			272,430
2	ระบบดื่งกากตะกอน	1	ชุด	157,700
3	ระบบท่อและวาล์วต่างๆ	1	ชุด	205,509
4	ลานตากตะกอน	1	ชุด	912,240
	- งานดิน			240,507
	- งานคอนกรีต			552,766
	- งานอุปกรณ์กรอง			76,032
	- อุปกรณ์ท่อและวาล์ว			42,935
รวมทั้งสิ้น				20,550,950

ที่มา: การประเมินราคาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560

ตาราง ค.6 การประเมินค่าเดินระบบและดูแลรักษาระบบก๊าซชีวภาพแบบแห้งขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
ค่าไฟฟ้า	9,240
ค่าแรงงาน	396,000
ค่าดูแลรักษาระบบ	308,264
รวม	713,504

ที่มา: การประเมินราคาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560

ตัวอย่างการการคำนวณค่าไฟฟ้า ตาราง ค.6

จากสมมติฐานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้ง

- 1) ค่าไฟฟ้า 3.50 บาทต่อหน่วย ตามอัตรา TOU (Time of Use)
- 2) ค่าบำรุงรักษาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าคิดเป็น 45 สตางค์ต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 1.4 หน่วยไฟฟ้า)
- 3) ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้งทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 330 วันต่อปี
- 4) ใช้มอเตอร์ขนาด 2 กิโลวัตต์ จำนวน 4 ตัว สำหรับขับเคลื่อนใบพัดในการกวนถังหมัก โดยเปิดใช้งานวันละ 1 ชั่วโมง (เปิด 15 นาที ทุกๆ 6 ชั่วโมง)

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นค่าไฟฟ้า} &= (2 \text{ kw/ตัว}) \times (4 \text{ ตัว}) \times (330 \text{ วัน/ปี}) \times (1 \text{ hr/วัน}) \times (3.5 \text{ บาท/kw-hr}) \\ &= 9,240 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าแรงงาน ตาราง ค.6

จากสมมติฐานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้ง

- 1) ค่าช่างเทคนิคดูแลระบบประมาณ 15,000 บาทต่อเดือน จำนวน 1 คน
- 2) ค่าคนงาน 9,000 บาทต่อเดือน จำนวน 2 คน

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นค่าแรงงาน} &= (15,000 \text{ บาท/เดือน}) \times (12 \text{ เดือน/ปี}) + (9,000 \text{ บาท/เดือน}) \times (12 \text{ เดือน/ปี}) + \\ &\quad (9,000 \text{ บาท/เดือน}) \times (12 \text{ เดือน/ปี}) \\ &= 396,000 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าดูแลรักษาระบบ ตาราง ค.6

จากสมมติฐานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบแห้ง

- 3) ค่าบำรุงรักษาระบบก๊าซชีวภาพแบบแห้งในส่วนโครงสร้างคิดเป็น 1.5% ต่อปีของราคากระบบก๊าซชีวภาพแบบแห้งขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร

$$\begin{aligned}\text{ค่าดูแลรักษาระบบ} &= 20,550,950 \times 0.015 \\ &= 308,624 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$



ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

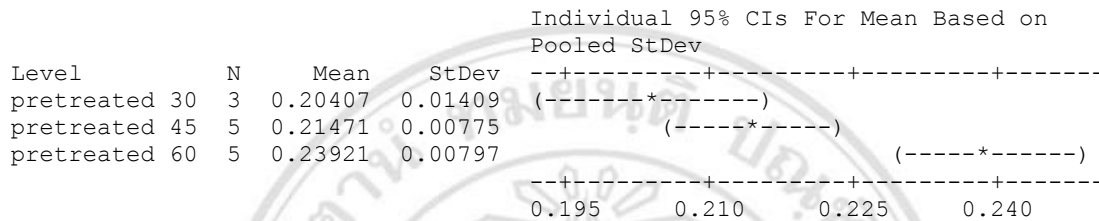
All rights reserved

ค่าทางสถิติ ง.1 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว (Pretreated)

One-way ANOVA: pretreated 30, pretreated 45, pretreated 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.0027097	0.0013548	15.20	0.001
Error	10	0.0008911	0.0000891		
Total	12	0.0036008			

S = 0.009440 R-Sq = 75.25% R-Sq(adj) = 70.30%



Pooled StDev = 0.00944

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
pretreated 60	5	0.239208	A
pretreated 45	5	0.214711	B
pretreated 30	3	0.204067	B

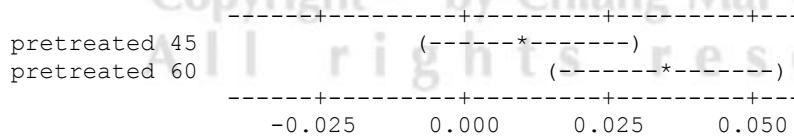
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.93%

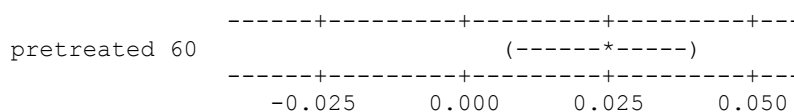
pretreated 30 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
pretreated 45	-0.008270	0.010644	0.029558
pretreated 60	0.016227	0.035141	0.054055



pretreated 45 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
pretreated 60	0.008117	0.024497	0.040877



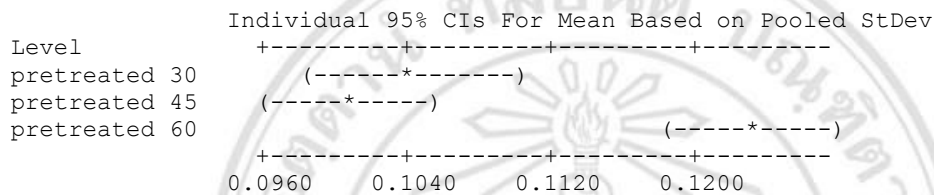
ค่าทางสถิติ ง.2 อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากมูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว (Pretreated)

One-way ANOVA: pretreated 30, pretreated 45, pretreated 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.0014155	0.0007078	31.81	0.000
Error	10	0.0002225	0.0000222		
Total	12	0.0016380			

S = 0.004717 R-Sq = 86.42% R-Sq(adj) = 83.70%

Level	N	Mean	StDev
pretreated 30	3	0.10418	0.00363
pretreated 45	5	0.10078	0.00549
pretreated 60	5	0.12334	0.00435



Pooled StDev = 0.00472

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
pretreated 60	5	0.123340	A
pretreated 30	3	0.104178	B
pretreated 45	5	0.100783	B

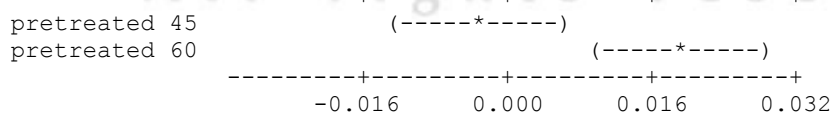
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.93%

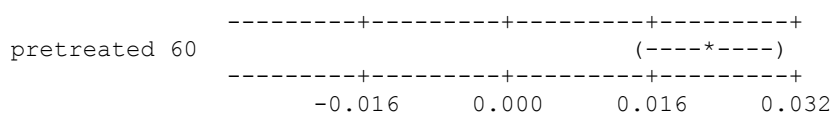
pretreated 30 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
pretreated 45	-0.012846	-0.003395	0.006055
pretreated 60	0.009712	0.019162	0.028613



pretreated 45 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
pretreated 60	0.014373	0.022558	0.030742



ค่าทางสถิติ ง.3 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ผ่าน
การปรับสภาพแล้ว (Pretreated)

One-way ANOVA: pretreated 30, pretreated 45, pretreated 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	144.3	72.2	2.94	0.099
Error	10	245.8	24.6		
Total	12	390.1			

S = 4.957 R-Sq = 37.00% R-Sq(adj) = 24.40%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
pretreated 30	3	39.131	2.917	(-----*-----)
pretreated 45	5	45.952	5.384	(-----*-----)
pretreated 60	5	47.701	5.310	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----
				35.0 40.0 45.0 50.0

Pooled StDev = 4.957

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
pretreated 60	5	47.701	A
pretreated 45	5	45.952	A
pretreated 30	3	39.131	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.93%

pretreated 30 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
-				-----+-----+-----+-----
pretreated 45	-3.112	6.821	16.753	(-----*-----)
pretreated 60	-1.363	8.570	18.503	(-----*-----)
-				-----+-----+-----+-----
	-8.0	0.0	8.0	16.0

pretreated 45 subtracted from:

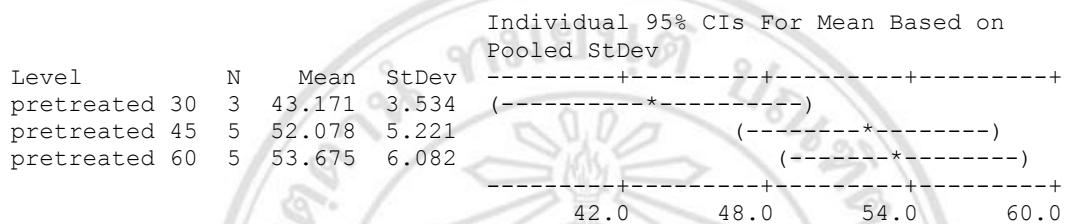
	Lower	Center	Upper	
-				-----+-----+-----+-----
pretreated 60	-6.853	1.749	10.351	(-----*-----)
-				-----+-----+-----+-----
	-8.0	0.0	8.0	16.0

ค่าทางสถิติ ง.4 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งระเหยจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ผ่านการ
ปรับสภาพแล้ว (Pretreated)

One-way ANOVA: pretreated 30, pretreated 45, pretreated 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	223.8	111.9	3.97	0.054
Error	10	282.0	28.2		
Total	12	505.8			

S = 5.310 R-Sq = 44.24% R-Sq(adj) = 33.09%



Pooled StDev = 5.310

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
pretreated 60	5	53.675	A
pretreated 45	5	52.078	A
pretreated 30	3	43.171	A

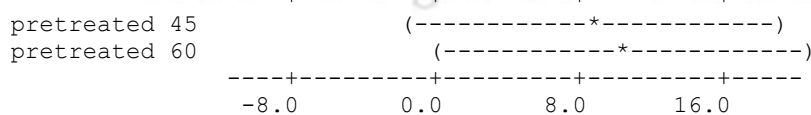
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

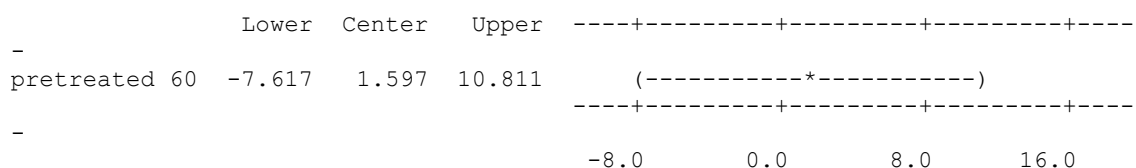
Individual confidence level = 97.93%

pretreated 30 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
pretreated 45	-1.732	8.908	19.547
pretreated 60	-0.135	10.504	21.144



pretreated 45 subtracted from:



ค่าทางสถิติ ง.5 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ (Control)

One-way ANOVA: control 30, control 45, control 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.001394	0.000697	1.56	0.251
Error	12	0.005374	0.000448		
Total	14	0.006768			

S = 0.02116 R-Sq = 20.59% R-Sq(adj) = 7.36%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
control 30	5	0.23593	0.01339
control 45	4	0.21089	0.01215
control 60	6	0.22458	0.02903

0.200 0.220 0.240 0.260

Pooled StDev = 0.02116

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
control 30	5	0.23593	A
control 60	6	0.22458	A
control 45	4	0.21089	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.94%

control 30 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
control 45	-0.06288	-0.02504	0.01280
control 60	-0.04551	-0.01135	0.02281

control 45
control 60

-0.060 -0.030 0.000 0.030

control 45 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
control 60	-0.02273	0.01369	0.05010

control 60

-0.060 -0.030 0.000 0.030

ค่าทางสถิติ ง.6 อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากมูลไก่เนื้อที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ (Control)

One-way ANOVA: control 30, control 45, control 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.001769	0.000884	6.73	0.011
Error	12	0.001577	0.000131		
Total	14	0.003345			

S = 0.01146 R-Sq = 52.87% R-Sq(adj) = 45.01%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
control 30	5	0.11659	0.00562
control 45	4	0.09166	0.00697
control 60	6	0.11589	0.01615

0.090 0.105 0.120 0.135

Pooled StDev = 0.01146

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
control 30	5	0.11659	A
control 60	6	0.11589	A
control 45	4	0.09166	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.94%

control 30 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
control 45	-0.04543	-0.02493	-0.00443
control 60	-0.01920	-0.00070	0.01780

control 45 (-----*-----)
control 60 (-----*-----)

-0.025 0.000 0.025 0.050

control 45 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
control 60	0.00450	0.02423	0.04395

control 60 (-----*-----)

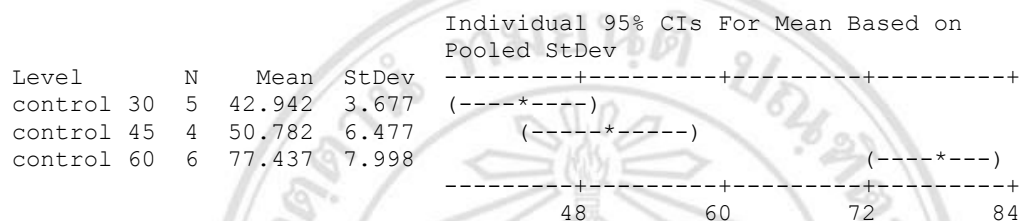
-0.025 0.000 0.025 0.050

ค่าทางสถิติ ง.7 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ (Control)

One-way ANOVA: control 30, control 45, control 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	3598.6	1799.3	43.21	0.000
Error	12	499.7	41.6		
Total	14	4098.3			

S = 6.453 R-Sq = 87.81% R-Sq(adj) = 85.77%



Pooled StDev = 6.453

Grouping Information Using Tukey Method

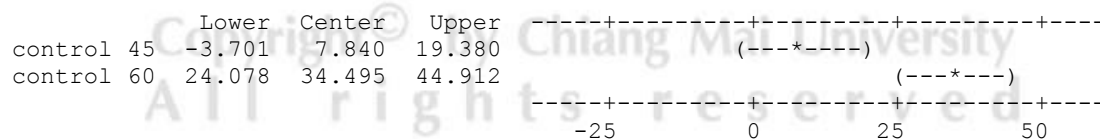
	N	Mean	Grouping
control 60	6	77.437	A
control 45	4	50.782	B
control 30	5	42.942	B

Means that do not share a letter are significantly different.

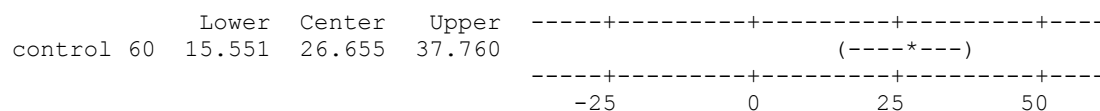
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.94%

control 30 subtracted from:



control 45 subtracted from:

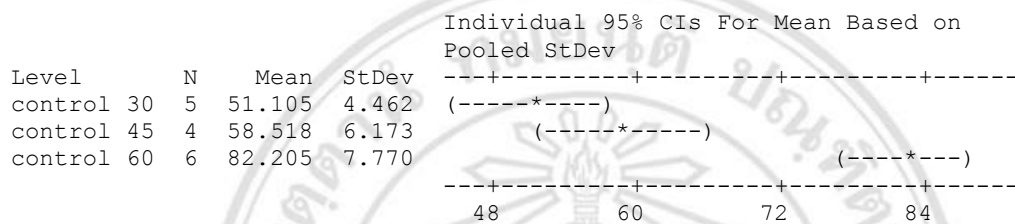


ค่าทางสถิติ ง.8 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งระเหยจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ไม่ผ่าน
การปรับสภาพ (Control)

One-way ANOVA: control 30, control 45, control 60

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	2905.5	1452.8	35.16	0.000
Error	12	495.8	41.3		
Total	14	3401.3			

S = 6.428 R-Sq = 85.42% R-Sq(adj) = 83.00%



Pooled StDev = 6.428

Grouping Information Using Tukey Method

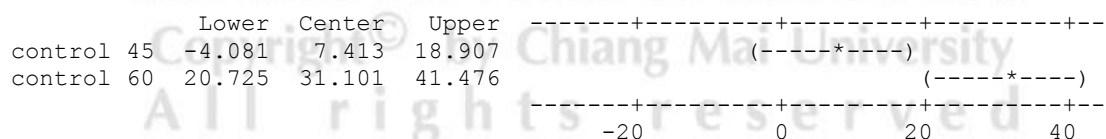
	N	Mean	Grouping
control 60	6	82.205	A
control 45	4	58.518	B
control 30	5	51.105	B

Means that do not share a letter are significantly different.

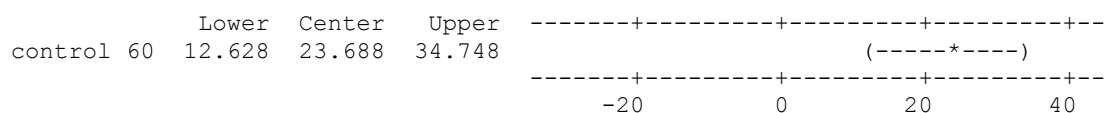
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 97.94%

control 30 subtracted from:



control 45 subtracted from:



ค่าทางสถิติ ง.9 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพแล้วกับอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน

One-way ANOVA: pretreated, control

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0.001326	0.001326	4.51	0.066
Error	8	0.002351	0.000294		
Total	9	0.003677			

S = 0.01714 R-Sq = 36.06% R-Sq(adj) = 28.07%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
pretreated	5	0.23921	0.00797	(-----*-----)
control	5	0.21618	0.02290	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				0.210 0.225 0.240 0.255

Pooled StDev = 0.01714

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
pretreated	5	0.23921	A
control	5	0.21618	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 95.00%

pretreated subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
control	-0.04803	-0.02303	0.00197	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-0.040 -0.020 0.000 0.020

ลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

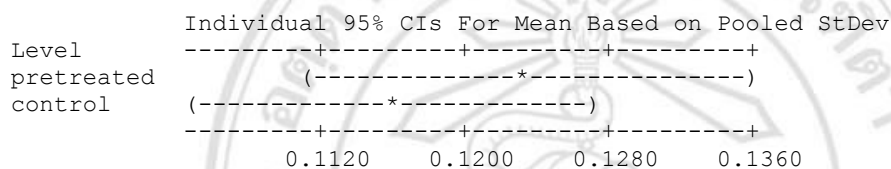
ค่าทางสถิติ ง.10 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากมูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพแล้วกับอัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากมูลไก่ที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ที่ระยะเวลาเก็บ 60 วัน

One-way ANOVA: pretreated, control

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0.000152	0.000152	0.99	0.346
Error	9	0.001381	0.000153		
Total	10	0.001532			

S = 0.01239 R-Sq = 9.89% R-Sq(adj) = 0.00%

Level	N	Mean	StDev
pretreated	5	0.12334	0.00435
control	6	0.11589	0.01615



Pooled StDev = 0.01239

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
pretreated	5	0.12334	A
control	6	0.11589	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 95.00%

pretreated subtracted from:

	Lower	Center	Upper
control	-0.02442	-0.00745	0.00951

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นาย นรายุทธ วงศ์สมุทร

วัน เดือน ปี เกิด 2 พฤษภาคม พ.ศ.2534

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2551 มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเขलगันคร จังหวัดลำปาง

ปีการศึกษา 2555 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุนการศึกษา ระหว่างปีการศึกษา 2552 ถึง 2555 ได้รับทุนเพชรพระจอมเกล้า ด้านวิชาการ
ดีเด่น ตลอดเวลาการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
ประยุกต์



มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved