

บทที่ 7

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะนำข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองที่สภาวะต่างๆ มาแสดงในตารางแสดงผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ โดยแบ่งรายละเอียดออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

7.1 ตารางแสดงผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้แสดงผลการทดลองในการทดลองทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย

1. ตารางแสดงผลการทดลองทั้ง 2 กรณี คือ การทดลองที่ 40%EA และ 120%EA
2. ตารางแสดงผลข้อมูลการค่าความชื้นในเหง้ามันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง ของการทดลองทั้ง 2 กรณี คือ การทดลองที่ 40%EA และ 120%EA
3. ตารางแสดงน้ำหนักขี้เถ้าที่ได้จากการทดลอง
4. ตารางแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งภายในห้องอบลดความชื้น

ตารางที่ 7.1 แสดงข้อมูลการทดลองที่สภาวะ 40%EA

การทดลองครั้งที่	3	%EA	40	%	อัตราการผลิตไอน้ำ	26	kg/hr	
วันที่	16/3/2546	อัตราการป้อนเชื้อเพลิง	10	kg/hr	ปริมาณซีเมนต์ที่วัดได้	2.2	kg	
เวลาที่เริ่มทดลอง	11:10 น.	ความดันบรรยากาศ	760	mmHg	RH ของอากาศสิ่งแวดล้อม	53.0	%	
ปริมาณถ่านที่ใช้ start	2.5	kg	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	32.0	°C	ความชื้นของเหง้ามันที่ลดลง	8.22	%wb

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
0	185	113	58.4	45	188	76	131	121	16.8	4.1	4044	88.5	2
5	186	108	63.8	47	183	86	132	122	16.1	4.8	3446	89.8	3
10	187	121	63.4	50	174	91	133	123	16.5	4.4	3939	88.4	3
15	172	89	61.5	52	168	94	129	118	17.5	3.5	5451	81.8	4
20	164	87	59.7	46	163	98	126	116	17.8	3.1	6493	80.1	4
25	160	79	58.2	51	157	100	125	115	18.0	2.9	6460	79.9	4
30	162	85	59.5	49	157	102	126	116	17.8	3.1	5566	81.4	4

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านหลัง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
35	161	79	58.5	50	163	104	126	115	18.1	2.9	6312	79.5	4
40	162	82	59.2	51	169	105	125	115	17.8	3.1	6663	80.4	4
45	165	83	63.9	50	171	107	126	116	18.1	2.8	6170	79.5	5
50	161	87	63.1	47	171	110	125	115	17.3	3.6	5731	81.7	5
55	170	91	63.6	51	169	112	128	118	17.9	3.0	6158	79.1	5
60	246	133	71.2	52	168	114	178	168	14.9	5.9	6291	85.6	5
65	198	106	71.2	53	169	116	164	151	17.4	3.6	6849	80.8	5
70	275	134	81.7	54	169	117	194	181	15.8	5.2	7010	85.1	6
75	315	139	80.5	56	173	119	216	204	16.3	4.6	7105	83.3	6
80	316	132	82.0	56	176	121	218	206	15.6	5.3	6956	83.1	7
85	255	130	80.7	50	179	122	201	191	16.5	4.4	5475	82.1	8
90	227	119	82.3	54	180	123	205	194	16.4	4.6	6241	81.8	8
95	305	150	89.4	58	182	124	224	213	15.4	5.4	5403	84.2	9
100	430	156	92.6	58	188	124	283	271	14.5	6.3	7037	85.3	10
105	496	162	97.7	59	198	125	328	315	13.9	6.9	1584	90.8	11

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
110	476	171	103.3	60	206	126	331	322	14.3	6.6	2128	89.5	13
115	374	165	104.6	60	214	128	316	305	14.6	6.3	2017	88.8	15
120	408	163	108.5	60	232	132	328	316	14.2	6.7	1910	88.7	16
125	501	173	108.6	60	247	134	369	356	14.0	6.9	1914	89.4	19
130	555	175	111.3	59	255	137	382	370	14.3	6.6	1895	88.7	21
135	570	177	115.4	60	284	140	391	381	14.0	6.9	1873	88.9	23
140	556	188	119.9	59	296	143	389	376	13.3	7.6	1570	89.4	26
145	493	186	120.5	59	311	147	384	372	13.9	7.0	1552	88.4	30
150	459	187	122.3	59	336	152	379	365	13.8	7.1	1511	88.5	34
155	438	184	135.6	58	355	156	361	349	14.5	6.4	1481	85.9	48
160	419	187	132.5	58	338	162	352	338	14.7	6.2	1478	85.8	52
165	546	184	133.4	57	328	164	368	353	14.6	6.4	1480	86.1	56
170*	377	182	140.3	59	326	169	346	332	14.5	6.4	1479	85.2	60
175	372	190	137.4	64	332	172	341	329	15.0	5.9	1490	84.7	50
180	361	193	138.1	63	339	175	332	310	14.9	6.0	1495	84.5	53

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
185	440	197	143.5	88	350	179	342	330	14.3	6.6	1510	85.2	60
190	369	195	137.7	61	353	181	310	298	15.1	5.8	1476	84.6	58
195	354	188	135.8	61	347	184	308	296	15.2	5.7	1490	83.6	55
200	367	192	137.2	72	341	187	309	296	15.2	5.7	1491	83.6	54
205	455	203	137.5	57	331	190	332	329	15.3	5.6	1448	83.6	52
210	449	200	136.5	59	325	192	330	317	15.1	5.8	1422	84.3	52
215	406	191	139.8	72	320	194	318	306	15.9	5.0	1384	81.4	50
220	420	186	132.7	57	316	196	320	307	15.8	5.1	1337	82.5	52
225	347	175	132.0	53	313	197	309	297	16.2	4.7	1273	81.6	55
230	345	187	139.5	87	308	198	308	296	16.2	4.7	1284	80.4	54
235	445	189	140.3	104	304	199	340	329	16.2	4.7	1269	80.3	52
240	464	207	141.4	108	299	199	344	331	16.0	4.9	1251	81.0	51
245	528	212	141.4	108	293	199	361	348	16.1	4.8	1243	80.6	50
250	502	201	141.1	109	289	199	357	345	15.8	5.1	1227	81.8	50
255	434	186	140.6	109	285	199	336	323	16.0	4.9	999	81.4	49

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
260	402	180	138.9	109	280	199	328	316	16.2	4.7	994	80.9	47
265	355	183	138.0	108	277	198	314	301	16.5	4.4	987	79.8	45
270**	324	174	133.5	106	274	197	305	294	17.0	3.9	943	78.2	43
275	309	163	131.1	103	272	197	297	285	17.4	3.5	940	76.3	41
280	298	156	129.0	100	270	196	290	276	17.6	3.3	936	75.4	39
285	289	156	127.0	98	268	195	286	274	17.6	3.3	920	75.1	36
290	281	153	125.0	97	267	194	284	271	17.8	3.1	929	74.7	33
295	276	149	124.0	97	266	193	281	268	18.0	2.9	917	73.3	30
300	269	146	122.0	96	267	192	278	265	18.1	2.7	910	71.9	28
305	259	142	120.7	95	269	191	273	260	18.3	2.6	906	72.3	26
310	248	141	119.3	95	270	191	266	251	18.4	2.6	903	71.7	24
315	235	136	117.3	93	272	190	254	242	18.5	2.5	893	71.3	22
320	225	126	113.4	89	276	190	250	237	18.9	2.1	875	67.3	19
325	217	120	112.2	88	279	190	245	233	19.0	2.0	879	66.1	17
330	209	115	110.0	88	281	190	239	227	19.1	1.9	866	65.2	15

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
335	202	113	107.9	86	285	191	236	222	19.1	1.9	849	66.1	13
340	196	110	105.7	85	290	191	231	218	19.2	1.8	821	65.3	11
345	190	108	103.2	82	299	193	228	215	19.3	1.7	798	64.5	9
350	182	105	101.0	80	307	193	224	210	19.5	1.5	768	61.0	7
355	157	95	95.8	76	316	194	216	202	19.8	1.2	621	55.6	5
360	153	94	94.6	75	321	196	214	201	19.8	1.2	603	52.4	4
365	148	93	94.2	74	323	196	211	197	19.9	1.1	567	52.8	3
370	145	91	93.1	74	320	197	210	196	20.0	1.0	546	49.3	3
375	141	89	92.7	73	315	199	207	192	20.0	1.0	516	49.4	2
380	136	88	92.2	73	310	199	203	187	20.1	0.9	481	44.8	0

หมายเหตุ

*เวลาของการทดลองที่เริ่มเปิดวาล์วจ่ายไอน้ำ

**เวลาของการทดลองที่เชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบจีนถูกป้อนจากอุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงลงสู่เตาเผาไหม้จนหมดและหยุดป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่อุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิง

ตารางที่ 7.2 แสดงข้อมูลการทดลองที่สภาวะ 120%EA

การทดลองครั้งที่	4	%EA	120	%	อัตราการผลิตไอน้ำ	32	kg/hr
วันที่	30/3/2546	อัตราการป้อนเชื้อเพลิง	10	kg/hr	ปริมาณเชื้อเพลิงที่วัดได้	1.85	kg
เวลาที่เริ่มทดลอง	12:20 น.	ความดันบรรยากาศ	760	mmHg	RH ของอากาศสิ่งแวดล้อม	49.5	%
ปริมาณถ่านที่ใช้ start	3.0 kg	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	32.5	°C	ความชื้นของเหง้ามันที่ลดลง	18.26	%wb

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
0	286	160	85.9	45	102	65	146	137	16.6	5.0	4120	86.2	2
5	267	156	87.2	43	102	74	151	142	17.1	4.5	6007	82.1	2
10	255	153	88.7	42	122	79	154	143	17.6	4.0	5900	80.0	3
15	243	156	87.5	45	166	86	179	185	18.1	3.6	5556	79.4	4
20	230	146	86.1	42	172	87	156	143	18.4	3.3	6101	76.4	5
25	247	194	93.4	50	179	89	192	180	15.4	6.1	4768	86.2	6
30	257	190	92.2	49	178	90	202	191	17.2	4.4	6625	78.8	8

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
35	287	215	102.3	48	174	92	205	192	14.5	7.0	3974	88.2	9
40	307	220	102.3	53	167	93	204	190	16.1	5.5	4565	84.0	10
45	268	176	99.1	48	158	94	203	189	17.5	4.1	5190	79.2	11
50	242	155	98.1	48	149	94	201	189	19.1	2.7	6862	67.0	12
55	243	175	106.4	52	142	95	199	190	16.5	5.1	5401	80.9	14
60	233	156	101.0	48	138	95	197	190	18.1	3.6	6609	74.7	14
65	220	143	99.6	46	134	94	195	184	19.2	2.5	6480	64.5	15
70	225	160	104.4	48	131	94	194	181	16.8	4.9	5738	80.9	16
75	221	144	101.6	51	131	93	193	178	19.1	2.6	6743	64.5	17
80	236	162	106.6	50	135	93	195	181	17.2	4.3	4591	79.3	18
85	246	174	108.7	47	137	93	198	183	17.5	4.1	6310	75.7	20
90	294	218	116.2	51	137	93	205	191	15.2	6.2	3840	85.4	22
95	363	249	129.1	69	134	93	214	202	14.7	6.8	4279	84.4	24
100	357	253	124.9	54	132	94	216	203	14.5	7.0	3810	85.6	29
105	357	257	128.3	50	132	94	217	205	15.0	6.5	4005	84.5	32

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
110	361	256	131.5	53	134	95	219	207	15.2	6.3	4009	83.2	37
115	344	244	131.9	48	136	95	220	208	15.6	5.9	3737	82.8	40
120	356	259	137.0	48	137	95	223	210	14.5	7.0	3630	84.5	46
125	370	254	138.5	52	139	96	226	212	15.3	6.2	3879	82.5	52
130*	367	253	141.9	67	142	97	227	213	15.8	5.8	4329	80.0	58
135	351	240	143.4	50	142	97	225	211	15.7	5.8	4296	80.6	51
140	356	243	142.5	50	147	97	226	213	15.9	5.6	661	83.3	51
145	348	238	142.0	60	153	98	225	210	16.0	5.5	2309	82.3	54
150	334	231	145.0	56	155	98	223	209	16.5	5.1	1550	81.1	56
155	337	231	145.7	52	164	100	224	210	16.3	5.3	1394	81.3	58
160	345	228	145.3	61	168	101	225	210	16.5	5.1	1266	81.1	61
165	341	234	146.0	72	175	101	224	210	16.8	4.8	1185	80.0	62
170	334	225	143.0	84	177	102	223	208	17.1	4.6	1115	79.7	59
175	331	218	140.7	57	180	103	222	207	17.6	4.1	1041	77.8	54
180	322	217	139.9	50	184	104	220	205	17.4	4.2	734	79.0	50

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
185	324	217	139.0	54	186	105	221	206	17.8	3.9	680	77.7	46
190	320	211	138.8	62	187	106	220	205	17.7	4.0	654	78.7	48
195	315	201	138.2	67	187	108	218	204	18.3	3.4	648	74.6	50
200	310	194	138.0	50	189	109	216	201	18.3	3.4	634	75.4	52
205	302	190	136.0	52	197	112	213	200	18.3	3.4	629	74.4	54
210	285	183	135.9	62	202	113	210	196	18.9	2.9	598	68.9	56
215	284	180	137.3	60	203	115	211	198	18.9	2.8	601	69.6	58
220	288	186	138.5	51	205	117	212	199	18.4	3.3	626	73.9	57
225	303	191	138.7	61	206	118	215	202	18.1	3.6	644	76.0	56
230	317	189	138.0	73	210	121	217	203	18.1	3.6	572	75.5	54
235	317	187	139.3	85	213	122	218	204	18.6	3.1	628	71.0	54
240	340	196	138.9	53	215	124	223	209	17.8	3.9	591	77.9	51
245	339	190	136.9	53	216	125	224	210	17.7	4.0	544	78.9	51
250	355	190	138.4	54	216	127	227	214	17.9	3.8	602	77.3	51
255	406	222	141.9	50	217	128	231	218	15.4	6.1	566	85.4	51

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
260	484	231	144.1	57	218	130	241	227	14.9	6.7	583	86.5	54
265	497	225	147.0	69	220	132	243	229	16.4	5.2	633	82.1	56
270	544	221	144.3	56	222	134	254	240	16.7	4.9	668	81.3	57
275	526	235	148.0	59	224	135	256	242	15.7	5.8	651	83.8	56
280	485	244	149.3	69	228	136	259	245	15.3	6.2	685	84.6	58
285	455	246	159.7	108	235	137	263	250	15.8	5.7	660	82.5	59
290	462	279	163.9	120	246	139	267	253	15.0	6.5	712	83.6	58
295	473	358	175.9	127	256	141	274	261	10.3	10.9	749	89.2	66
300**	487	346	173.8	131	263	142	279	265	14.2	7.2	684	83.9	65
305	630	316	167.9	126	272	144	351	338	15.5	6.0	646	81.8	61
310	691	287	160.9	124	283	146	381	367	16.5	5.1	681	79.6	58
315	530	262	155.5	119	296	148	396	382	17.2	4.4	672	76.8	54
320	433	245	149.9	115	295	151	388	374	18.0	3.7	696	74.1	45
325	408	230	145.3	110	290	153	385	372	18.6	3.1	660	70.4	40
330	386	219	141.7	109	285	155	326	314	18.5	3.2	604	72.4	36

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของก๊าซร้อน (°C)				อุณหภูมิของผนังเตา (°C)				ผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย				pressure psi (gauge)
					ด้านหน้า		ด้านข้าง						
	Tg1	Tg2	Tg3	Tg4	Tsi	Tso	Tsi	Tso	%O ₂	%CO ₂	CO (ppm)	Efficiency (%)	
335	367	210	136.1	104	280	157	319	305	18.7	3.0	622	70.9	28
340	345	202	132.9	102	271	160	311	294	19.0	2.7	615	68.6	25
345	326	192	129.7	98	264	162	306	289	19.4	2.4	594	67.2	22
350	303	185	127.8	99	252	165	296	287	19.8	2.0	537	61.8	19
355	282	177	120.2	94	222	167	287	275	20.0	1.8	529	60.4	13
360	269	172	118.2	92	217	167	274	261	20.1	1.7	542	58.9	10
365	257	167	115.3	90	212	167	263	250	20.3	1.5	551	55.4	9
370	244	162	112.7	87	208	166	254	242	20.4	1.4	553	53.2	8
375	233	158	111.3	87	203	166	236	223	20.6	0.0	532	0.0	6
380	226	155	109.3	84	199	165	218	206	20.6	0.0	530	0.0	4
385	218	151	106.3	83	194	164	207	196	20.7	0.0	529	0.0	2
390	209	148	104.3	81	191	163	194	181	20.8	0.0	497	0.0	2

หมายเหตุ

*เวลาของการทดลองที่เริ่มเปิดวาล์วจ่ายไอน้ำ

**เวลาของการทดลองที่เชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบชื้นถูกป้อนจากอุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงลงสู่เตาเผาไหม้จนหมดและหยุดป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่อุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิง

ตารางที่ 7.3 แสดงผลข้อมูลการค่าความชื้นในแห้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งที่ 40%EA

การทดลองครั้งที่ 3 ที่ค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA								
ตัวอย่างลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8
เวลาที่เก็บตัวอย่าง (นาทิจของการทดลอง)	30	55	80	105	130	175	200	230
น้ำหนักสุทธิเมื่อออกจากห้องอบ (กรัม)	4.0593	3.9732	3.4538	3.6185	3.159	2.8174	3.3275	2.9150
น้ำหนักสุทธิแห้ง (กรัม)	2.6852	2.7150	2.4105	2.7110	2.3913	2.1936	2.6440	2.4083
ค่าความชื้นตามมาตรฐานแห้ง (%db)	51.17	46.34	43.28	33.47	32.10	28.44	25.85	21.04
ค่าความชื้นตามมาตรฐานเปียก (%wb)	33.85	31.67	30.21	25.08	24.30	22.14	20.54	17.38

ตารางที่ 7.4 แสดงผลข้อมูลการค่าความชื้นในแห้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งที่ 120%EA

การทดลองครั้งที่ 4 ที่ค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากับ 120%EA								
ตัวอย่างลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8
เวลาที่เก็บตัวอย่าง (นาทิจของการทดลอง)	30	60	105	135	160	185	225	265
น้ำหนักสุทธิเมื่อออกจากห้องอบ (กรัม)	2.1159	2.6931	3.0970	2.8044	2.1657	1.9803	2.4951	2.1061
น้ำหนักสุทธิแห้ง (กรัม)	1.6353	2.1186	2.4408	2.4204	1.8742	1.6959	2.2447	1.9355
ค่าความชื้นตามมาตรฐานแห้ง (%db)	29.39	27.11	26.88	15.87	15.55	16.77	11.16	8.81
ค่าความชื้นตามมาตรฐานเปียก (%wb)	22.71	21.33	21.19	13.69	13.46	14.36	10.04	8.10

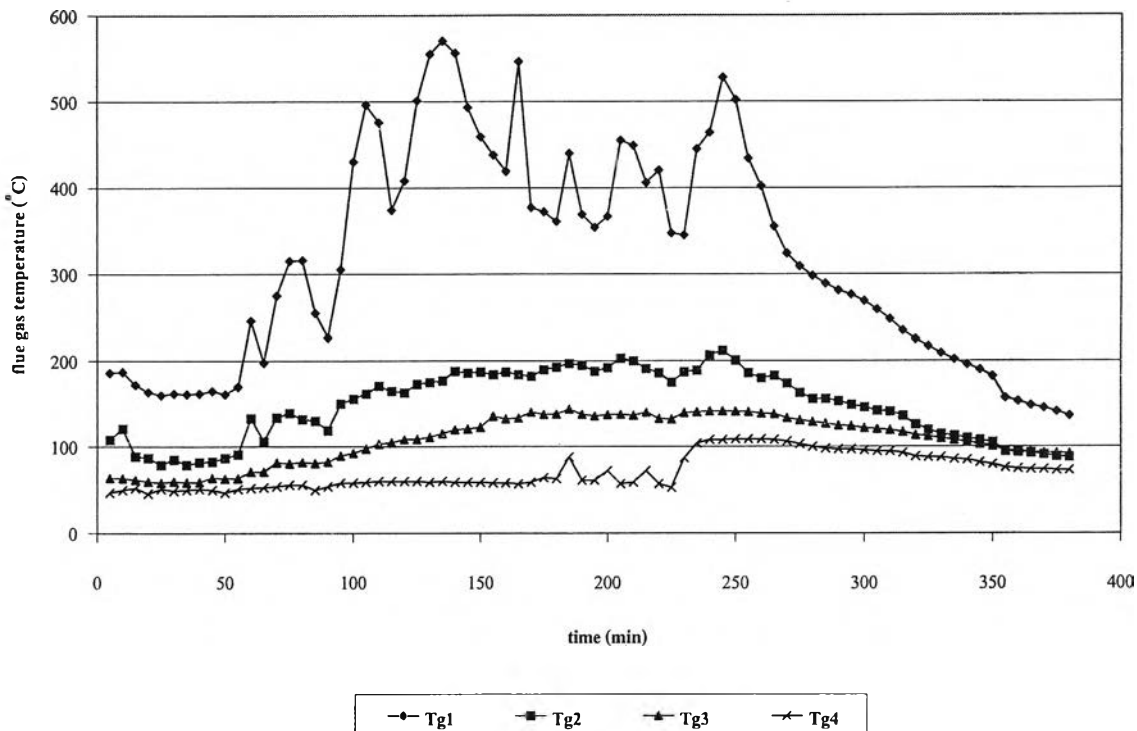
7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

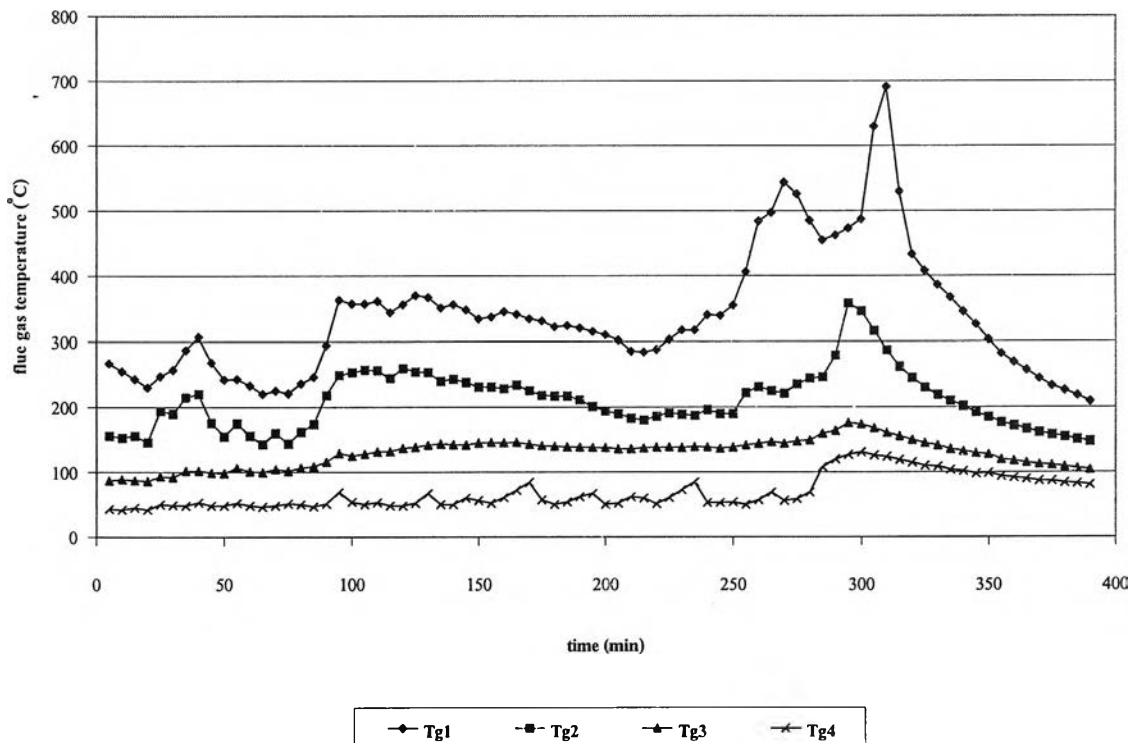
1. แสดงค่าอุณหภูมิและองค์ประกอบของแก๊สไอเสีย ที่ค่าเวลาต่างๆ ของการทดลอง
2. ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังหม้อไอน้ำ
3. องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย
4. ชี้อัดที่ได้จากการเผาไหม้
5. ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเชื้อเพลิงแข็งน้ำมันสำปะหลัง ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควัน และประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง
6. ประสิทธิภาพของระบบกำเนิดไอน้ำ
7. สมดุลมวลและสมดุลพลังงานของระบบกำเนิดไอน้ำ

ในการทดลอง ได้ทำการป้อนเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบชื้น เข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่านอุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงแบบสกรูอย่างต่อเนื่อง ที่เรียกว่า continuous operation โดยนำเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบชื้นที่ผ่านการอบลดความชื้นจากห้องอบลดความชื้น ป้อนเข้าสู่อุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงแบบสกรูเป็นจำนวน 1.6 กิโลกรัม ทุกๆ 10 นาที อย่างต่อเนื่อง ตลอดการทดลอง ได้จดบันทึกค่าอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ และองค์ประกอบของแก๊สไอเสียที่ออกมาทางปล่องรวมแก๊สไอเสีย พบว่า ค่าอุณหภูมิและองค์ประกอบของแก๊สไอเสียที่วัดได้ มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอและต่อเนื่องกัน ยกเว้นเพียงค่าของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่มีค่าแกว่งขึ้นลงในช่วง 130 นาทีแรกของการทดลอง หลังจากนั้นจึงมีค่าสม่ำเสมอและต่อเนื่องกัน ดังรูปที่ 7.1 ถึงรูปที่ 7.4 โดยแสดงผลเปรียบเทียบกันระหว่างค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40% และ 120% ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีลักษณะเดียวกัน

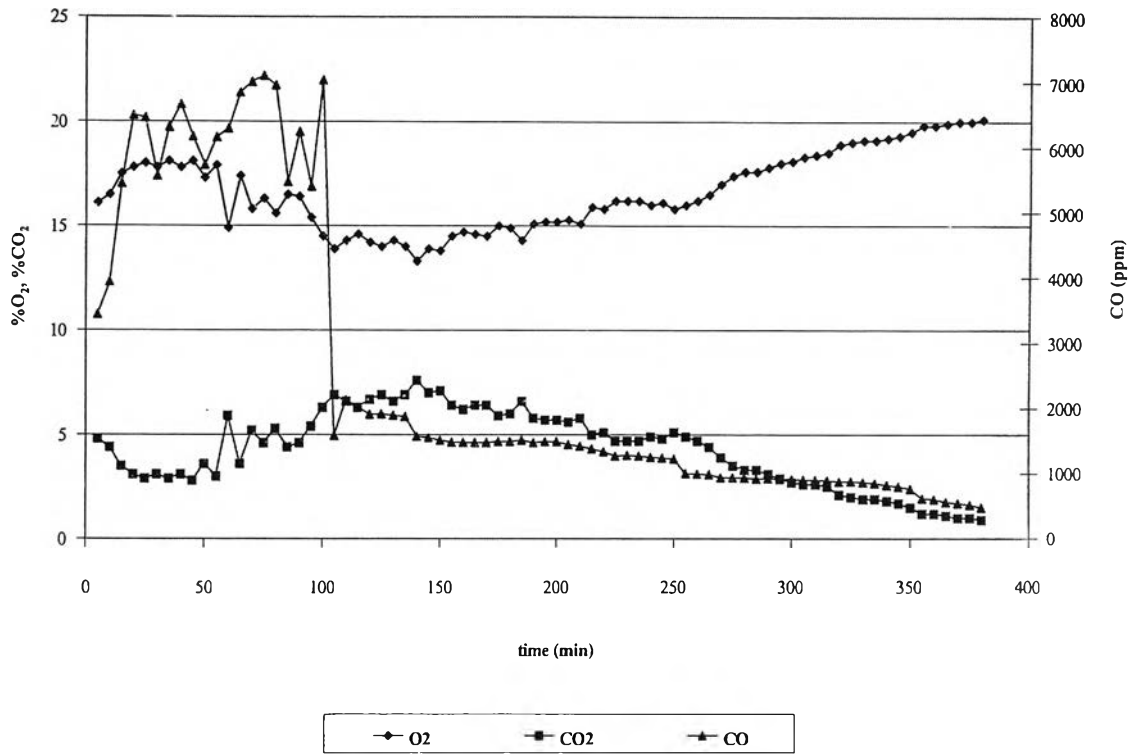




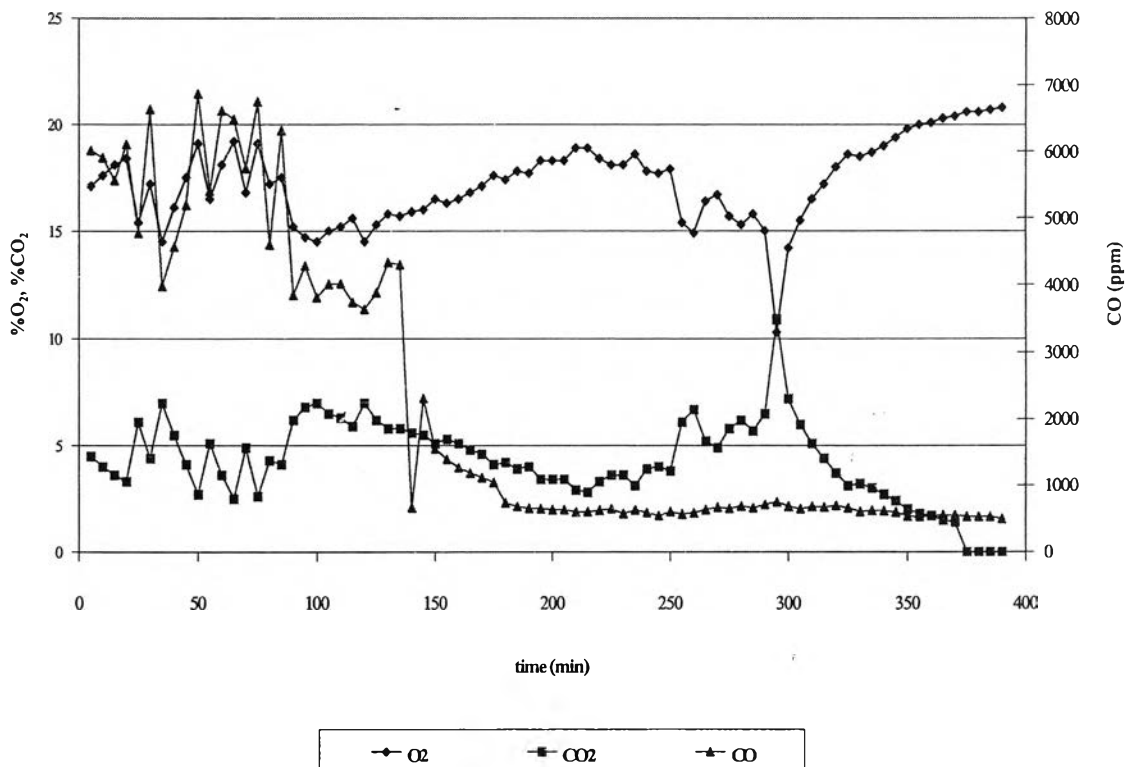
รูปที่ 7.1 กราฟแสดงอุณหภูมิแก๊สไอเสียที่จุดต่างๆ ในระบบกำเนิดไอน้ำที่ 40%EA



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงอุณหภูมิแก๊สไอเสียที่จุดต่างๆ ในระบบกำเนิดไอน้ำที่ 120%EA



รูปที่ 7.3 กราฟแสดงผลการตรวจวัดองค์ประกอบของแก๊สไอเสียที่ 40%EA



รูปที่ 7.4 กราฟแสดงผลการตรวจวัดองค์ประกอบของแก๊สไอเสียที่ 120%EA

จากรูปที่ 7.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสูญเสียที่ถ่ายเทผ่านผนังเตาเผาไหม้ อุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยในเตาเผาไหม้ กับปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการทดลอง

โดยในการทำการทดลองทั้ง 2 กรณี คือที่ 40%EA และ 120%EA มีการใช้เหง้ามันสำปะหลังแบบที่เป็นชิ้นเพียงอย่างเดียว โดยนำเหง้ามันสำปะหลังมาแปรรูปผ่านเครื่องหั่นย่อยให้เป็นชิ้น

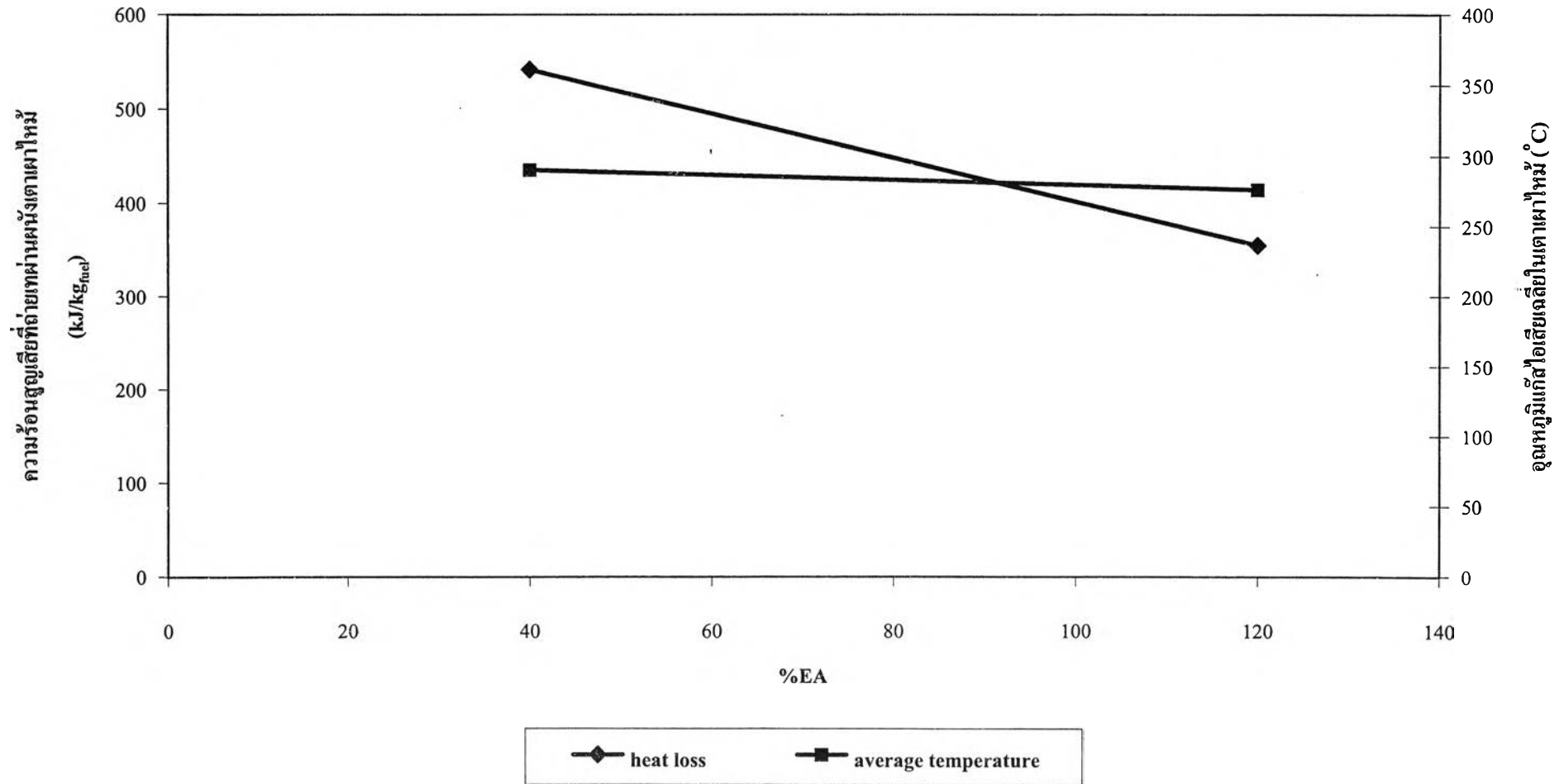
เส้นกราฟแสดงความร้อนสูญเสียที่ถ่ายเทผ่านผนังหม้อไอน้ำ มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินมีค่าเพิ่มขึ้น พิจารณาจากการใช้เหง้ามันสำปะหลังแบบเป็นชิ้น พบว่าที่ 40%EA มีความร้อนสูญเสียที่ถ่ายเทผ่านผนังหม้อไอน้ำมากกว่าที่ 120%EA เนื่องจากว่าที่ 40%EA อุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้มีค่าสูงกว่าที่ 120%EA เมื่ออุณหภูมิในเตาเผาไหม้สูงขึ้นเป็นผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวของผนังด้านในของเตาเผาไหม้สูงขึ้นด้วย ในขณะที่อุณหภูมิที่ผิวของผนังด้านนอกสุดของเตาเผาไหม้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนเกือบจะคงที่ ดังนั้น ยิ่งอุณหภูมิที่ผิวด้านในสุดและด้านนอกสุดแตกต่างกันมาก ก็จะเกิดความร้อนสูญเสียโดยการนำความร้อนผ่านผนังของหม้อไอน้ำมากยิ่งขึ้นด้วย ยิ่งเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิกายในเตาเผาไหม้ลดลง ดังนั้น ความร้อนสูญเสียที่ถ่ายเทผ่านผนังหม้อไอน้ำที่ 40%EA จะมีค่ามากที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินมีค่าเพิ่มขึ้น

อุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยในเตาเผาไหม้ที่ 40%EA มีค่าสูงกว่าที่ 120%EA โดยที่ 40%EA มีอุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยในเตาเผาไหม้เท่ากับ 290.4 °C และที่ 120%EA มีอุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยในเตาเผาไหม้เท่ากับ 276.3 °C แต่มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจาก การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผาไหม้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีปริมาณเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เหมาะสมกับขนาดของห้องเผาไหม้และตะกรับ เชื้อเพลิงผสมกับอากาศได้ดี การเผาไหม้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิภายในเตาเผาไหม้จึงค่อนข้างสม่ำเสมอ และเนื่องจากที่ปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 120%EA อากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้มากกว่าที่ 40%EA จึงพาความร้อนจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ได้มากกว่า ทำให้อุณหภูมิกายในเตาเผาไหม้มีค่าต่ำกว่า

เนื่องจากว่าในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง เริ่มด้วยออกซิเจนสัมผัสกับผิวของคาร์บอนในเชื้อเพลิงและเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมา และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่เหลือเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปฏิกิริยาการเผาไหม้จะถูกเร่งโดยการทำให้เชื้อเพลิงมีขนาดเล็กลง ทำให้ volatile matter ระเหยออกมาได้เร็ว และทำให้ผสมกับอากาศดียิ่งขึ้น ดังนั้นการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังที่เป็นเชื้อ

เพลิงแข็ง ควรให้มีพื้นผิวสำหรับทำปฏิกิริยาให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับออกซิเจนให้มากขึ้น

รูปที่ 7.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสูญเสียที่ถ่ายเทผ่านผนังเตาเผาไหม้, อุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยในเตาเผาไหม้ กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



จากรูปที่ 7.6 และ รูปที่ 7.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้แห้งมันสำปะหลังแบบชื้น กับปริมาณอากาศส่วนเกิน โดยเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับผลการคำนวณทางทฤษฎี

พิจารณาปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ได้จากการเผาไหม้

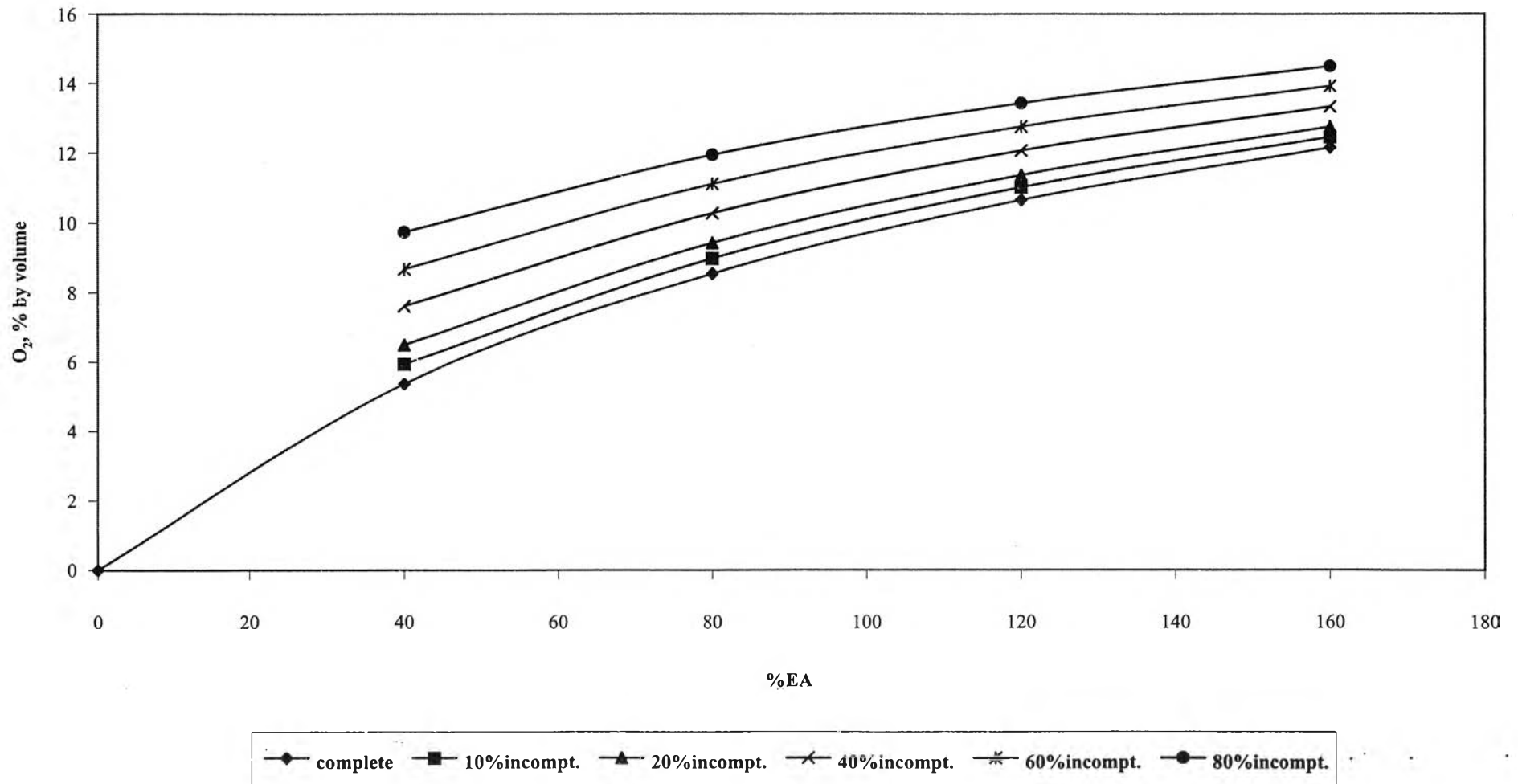
ปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี เมื่อการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ และเมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ พบว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่ออกมาจากหม้อไอน้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินสูงขึ้น เพราะว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกิน แก๊สออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศที่ป้อนเข้ามาทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ ใช้ไม่หมดที่เหลือจึงออกมากับแก๊สไอเสีย และปริมาณแก๊สออกซิเจนนี้ย่อมออกมากับแก๊สไอเสียมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกิน

ในปฏิกิริยาการเผาไหม้ทางทฤษฎีหากกำหนดให้ใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินที่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง เมื่อการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์มากขึ้นคือมีเปอร์เซ็นต์ของการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์สูงขึ้น ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ออกมากับแก๊สไอเสียต้องมีค่ามากขึ้น และหากยังเพิ่มเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินการที่มีเปอร์เซ็นต์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณแก๊สออกซิเจนที่จะออกมากับแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้นด้วย ตามรูปที่ 7.6

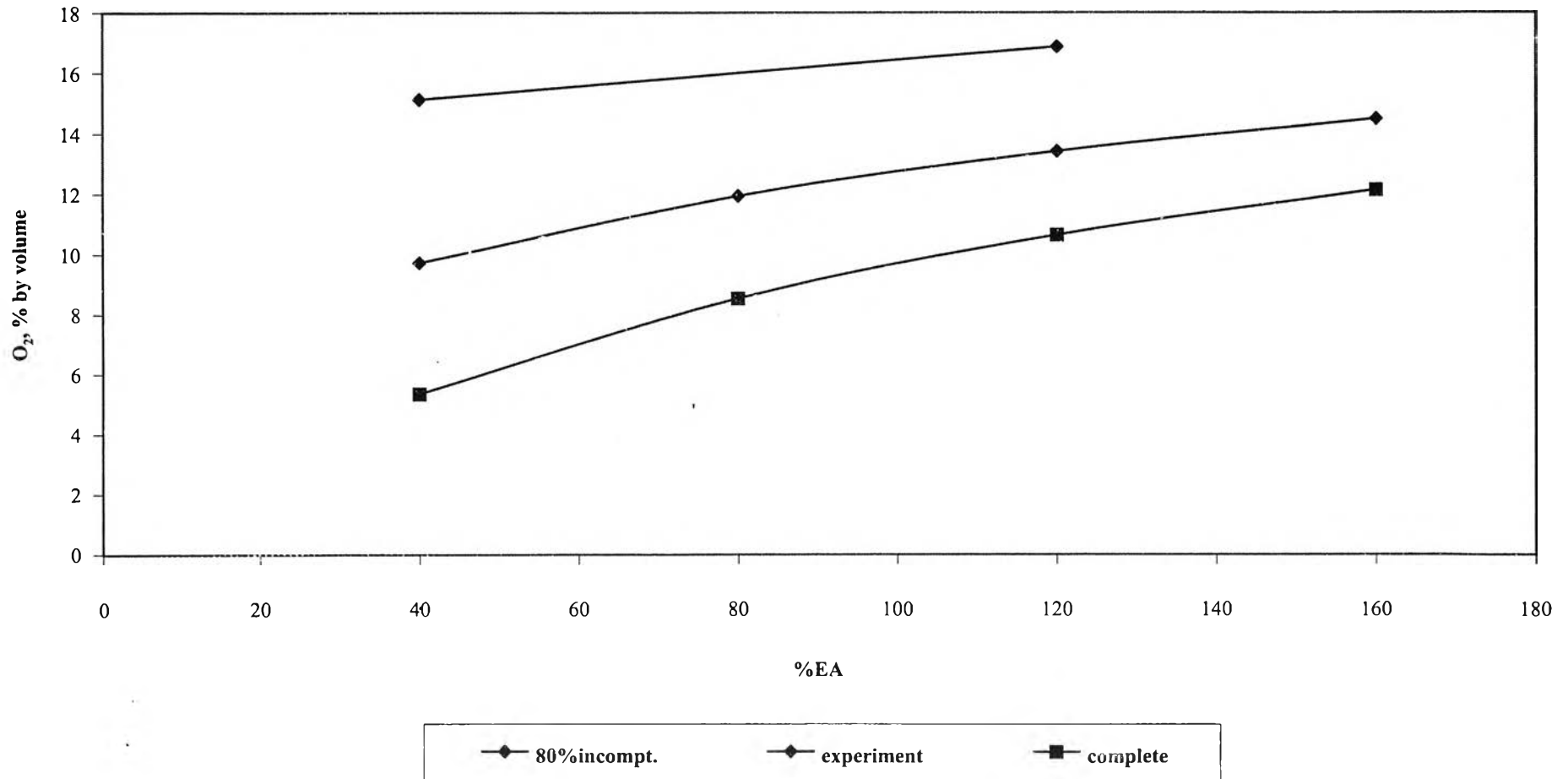
เปรียบเทียบปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่ได้จากการทดลอง และที่ได้จากการคำนวณ ตามรูปที่ 7.7 ผลการทดลองที่ได้มีปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ออกมากับแก๊สไอเสียสูงมาก สูงกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่ได้จากผลการคำนวณที่การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ 80% ทั้งนี้เพราะว่า ในการคำนวณทางทฤษฎี เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ธาตุคาร์บอนในเชื้อเพลิงจะเผาไหม้ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด แต่เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดว่าธาตุคาร์บอนในเชื้อเพลิงบางส่วนจะเผาไหม้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และที่เหลือกำหนดให้เผาไหม้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แต่หากใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินในการคำนวณ ก็จะมีแก๊สออกซิเจนเหลือออกมากับแก๊สไอเสียด้วย แต่ในทางปฏิบัตินั้น การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริง มีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ และการผสมกันของอากาศกับเชื้อเพลิง ซึ่งในการทดลองจริงมีผลของปัจจัยดังกล่าวเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่มีผลทำให้การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริงไม่สมบูรณ์ แต่การคำนวณทางทฤษฎีไม่ได้นำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณา

พิจารณาการใช้เหง้ามันสำปะหลังแบบขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินจาก 40%EA เป็น 120%EA ที่ 120%EA ต้องมีปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียมากกว่าที่ 40%EA แต่จากการทดลองพบว่า ที่ 120%EA ปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียมากกว่าที่ 40%EA แต่แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียนั้นลดลง ซึ่งพิจารณาได้จากความชันของเส้นกราฟลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจำนวนทางทฤษฎี โดยที่ 120%EA เส้นกราฟลู่ออกหาเส้นกราฟของการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทางทฤษฎี ซึ่งหมายถึง ที่ 120%EA ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นได้นำเอาออกซิเจนในอากาศไปใช้ได้มากขึ้นกว่าที่ 40%EA ทำให้การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นที่ 120%EA ดีกว่าที่ 40%EA

รูปที่ 7.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สออกซิเจนทางทฤษฎีในแก๊สไอเสียบกับปริมาณอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 7.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสีย กับปริมาณอากาศส่วนเกิน
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎี



พิจารณาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้จากรูปที่ 7.8 รูปที่ 7.9 รูปที่ 7.10 และ รูปที่ 7.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสีย ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้แห้งมันสำปะหลัง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน โดยเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับผลการคำนวณทางทฤษฎี พบว่า

ในการคำนวณทางทฤษฎี เมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 7.8 และรูปที่ 7.10 เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดว่า เมื่อการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ธาตุคาร์บอนในเชื้อเพลิงบางส่วนจะเผาไหม้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และธาตุคาร์บอนที่เหลือกำหนดให้เผาไหม้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แต่หากใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินในการคำนวณ ก็จะมีแก๊สออกซิเจนเหลือออกมากับแก๊สไอเสียด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์นั้นวัดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดังนั้นจึงมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกิน แต่ค่าเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสียจะเพิ่มขึ้น ดังที่กล่าวมาก่อนข้างต้น

ในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้เริ่มด้วยออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศที่ได้ตะกรับ ทำปฏิกิริยาการเผาไหม้กับคาร์บอนในเชื้อเพลิง ได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์นี้จะมาเจอกับออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศส่วนที่สองที่มาเหนือตะกรับและทำปฏิกิริยาต่อไปอีกเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในที่สุด ในการทดลอง ได้แบ่งอากาศที่เข้ามาทำปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นสองส่วน คือ อากาศที่เข้ามาทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ใต้ตะกรับ (underfire air) และอากาศที่เข้ามาทำปฏิกิริยาการเผาไหม้เหนือตะกรับ (overfire air) ด้วยอัตราส่วนของปริมาณอากาศเหนือตะกรับต่อปริมาณอากาศใต้ตะกรับ เท่ากับ 40:60 ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณอากาศที่ใช้ในเตาเผาไหม้ขยะมูลฝอย

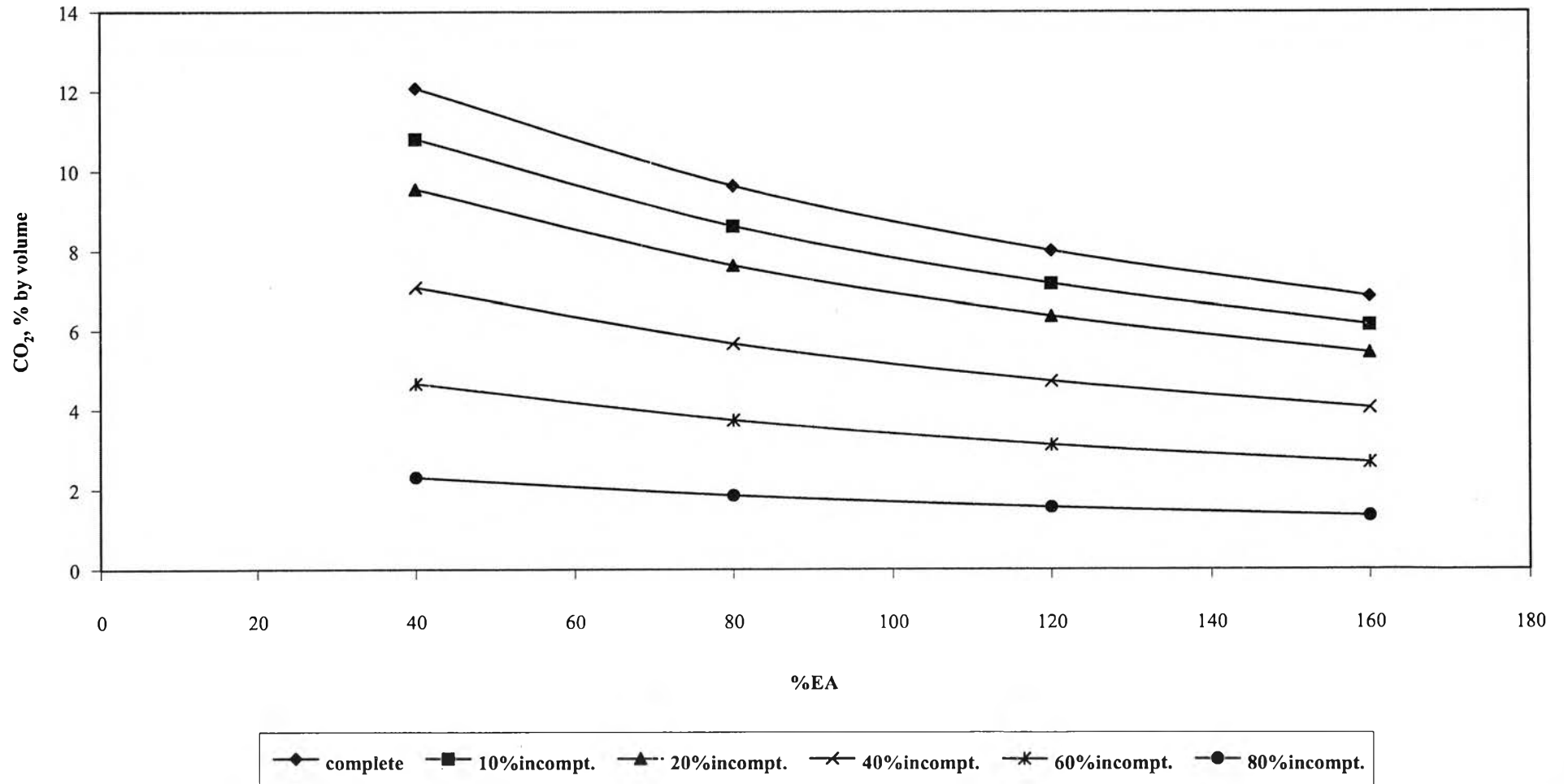
พิจารณาการทดลองในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบชื้น พบว่าผลการทดลองที่ 40%EA และ 120%EA ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลงตามแนวโน้มของเส้นกราฟที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ทั้งนี้เนื่องจากว่า ที่ 120%EA มีปริมาณอากาศสำหรับการเผาไหม้สูงกว่า ประกอบกับการป้อนเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ อากาศกับเชื้อเพลิงผสมกันได้ดี การเผาไหม้ของชิ้นแห้งมันสำปะหลังจึงเกิดขึ้นได้ดี การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นจึงลดลง และมีค่าน้อยกว่าที่ 40%EA จากรูปที่ 7.9 จะเห็นว่า เส้นกราฟผลการทดลอง 40%EA และ 120%EA ถูกระบุเส้นกราฟของการเผาไหม้สมบูรณ์ทางทฤษฎี นั้นแสดงว่า ที่ 120%EA เกิดการเผาไหม้ดีกว่าที่ 40%EA โดยที่

120%EA ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับที่คำนวณได้ทางทฤษฎีเมื่อการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ที่ประมาณ 40% แต่ที่ 40%EA ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับที่คำนวณได้ทางทฤษฎีเมื่อการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ที่ประมาณ 50%

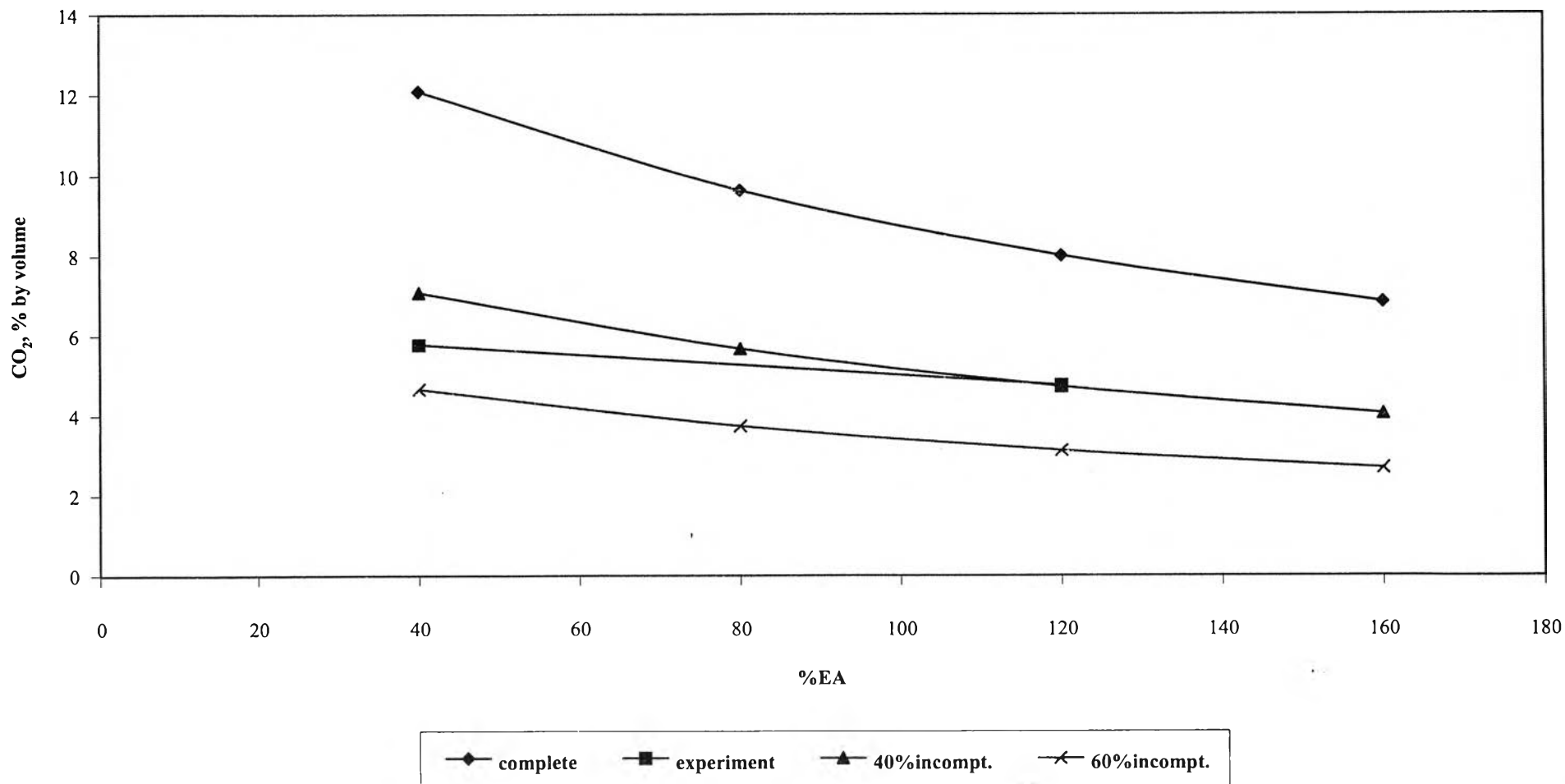
สำหรับปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่คำนวณได้ทางทฤษฎี จากรูปที่ 7.11 พบว่า ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการทดลอง ต่ำกว่าที่คำนวณทางทฤษฎีเมื่อการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ที่ 10% ซึ่งขัดแย้งกับข้อมูลอื่นที่พิจารณามาก่อน ทั้งนี้เนื่องจากว่า ในการทดลอง การป้อนเชื้อเพลิงเข้าเตาเผาไหม้แต่ละครั้ง เมื่อเชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าไปใหม่และเพลิงเริ่มติดไฟ ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้ตอนนี้จึงมีค่าสูงมากในช่วง 130 นาทีแรกของการทดลอง และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจนมีค่าสม่ำเสมอค่อนข้างคงที่หลังจาก 130 นาทีแรกของการทดลองไป เพราะว่า เหน้้ำมันสำปะหลังติดไฟเผาไหม้ได้ดีแล้ว ดังนั้นจากลักษณะดังกล่าวนี้ ผลการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จึงแกว่งขึ้นลงตามช่วงเวลาเริ่มต้นของการป้อนเชื้อเพลิง การวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์นี้จึงวัดได้ไม่แม่นยำ และผู้วิจัยได้นำข้อมูลของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ไปหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังผลที่แสดงในตารางที่ 7.5 ผลที่ได้ออกมาพบว่า ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานออกมาสูงมาก สูงกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัดปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การจะนำข้อมูลของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้นี้มาวิเคราะห์จึงไม่สามารถทำได้ เพราะมีค่าไม่ชัดเจน

ดังนั้นจากผลการทดลองทั้งหมด การเผาไหม้เหน้้ำมันสำปะหลังที่ 40%EA มีปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ออกมากับแก๊สไอเสียน้อยกว่าที่ 120%EA รวมทั้งปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมากับแก๊สไอเสียที่ 40%EA มีปริมาณมากกว่าที่ 120%EA จึงสรุปได้ว่า การเผาไหม้เหน้้ำมันสำปะหลังแบบขึ้นที่ 120%EA ดีกว่าที่ 40%EA เพราะว่ามีปริมาณอากาศในการเผาไหม้สูงกว่า ประกอบกับการป้อนเชื้อเพลิงเป็นแบบต่อเนื่อง ทำให้เหน้้ำมันสำปะหลังแบบขึ้นมีพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศมากกว่า ซึ่งจะไปช่วยเร่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้เกิดได้ดีขึ้น

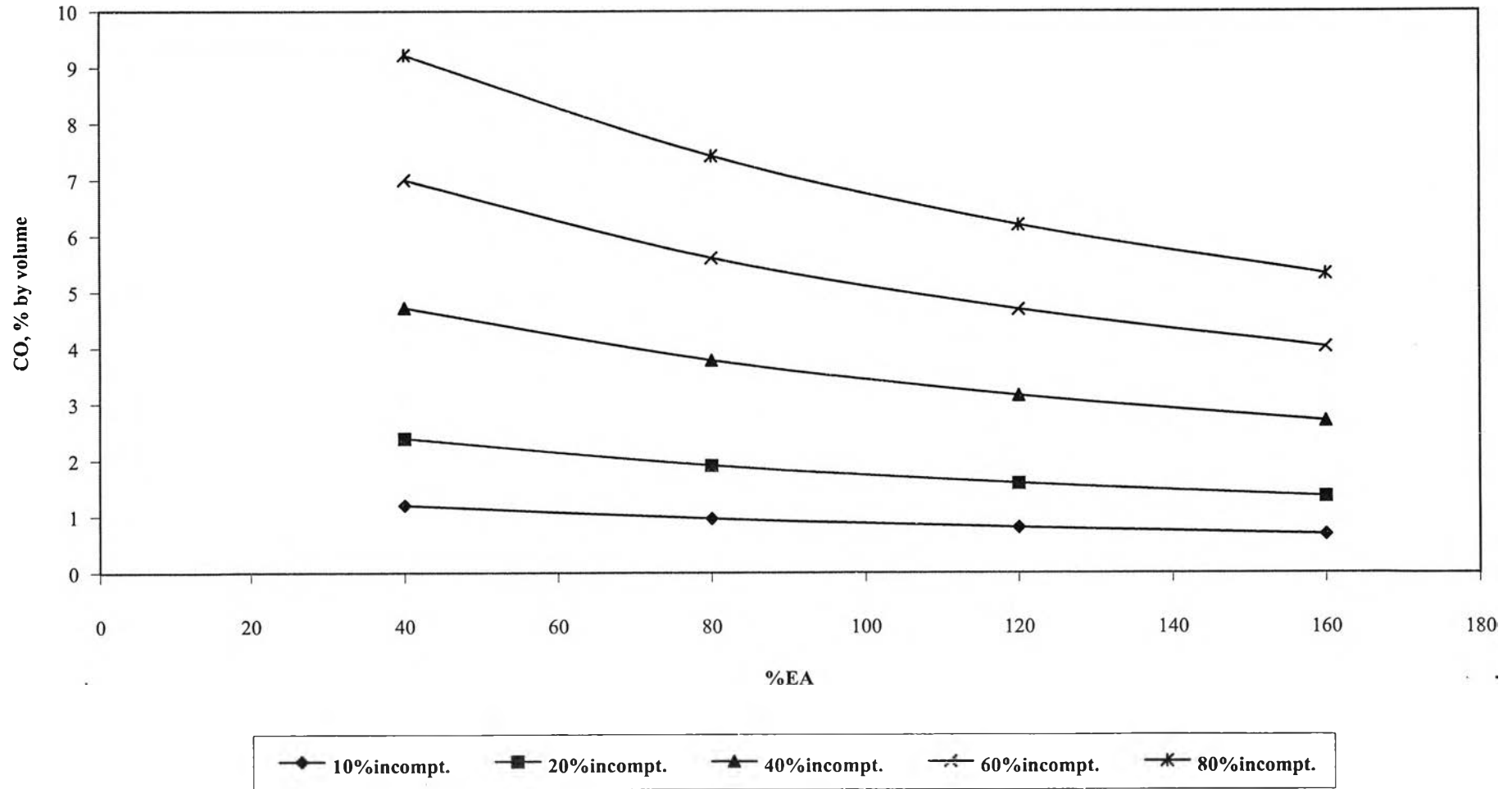
รูปที่ 7.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทางทฤษฎีในแก๊สไอเสียกับปริมาณอากาศส่วนเกิน



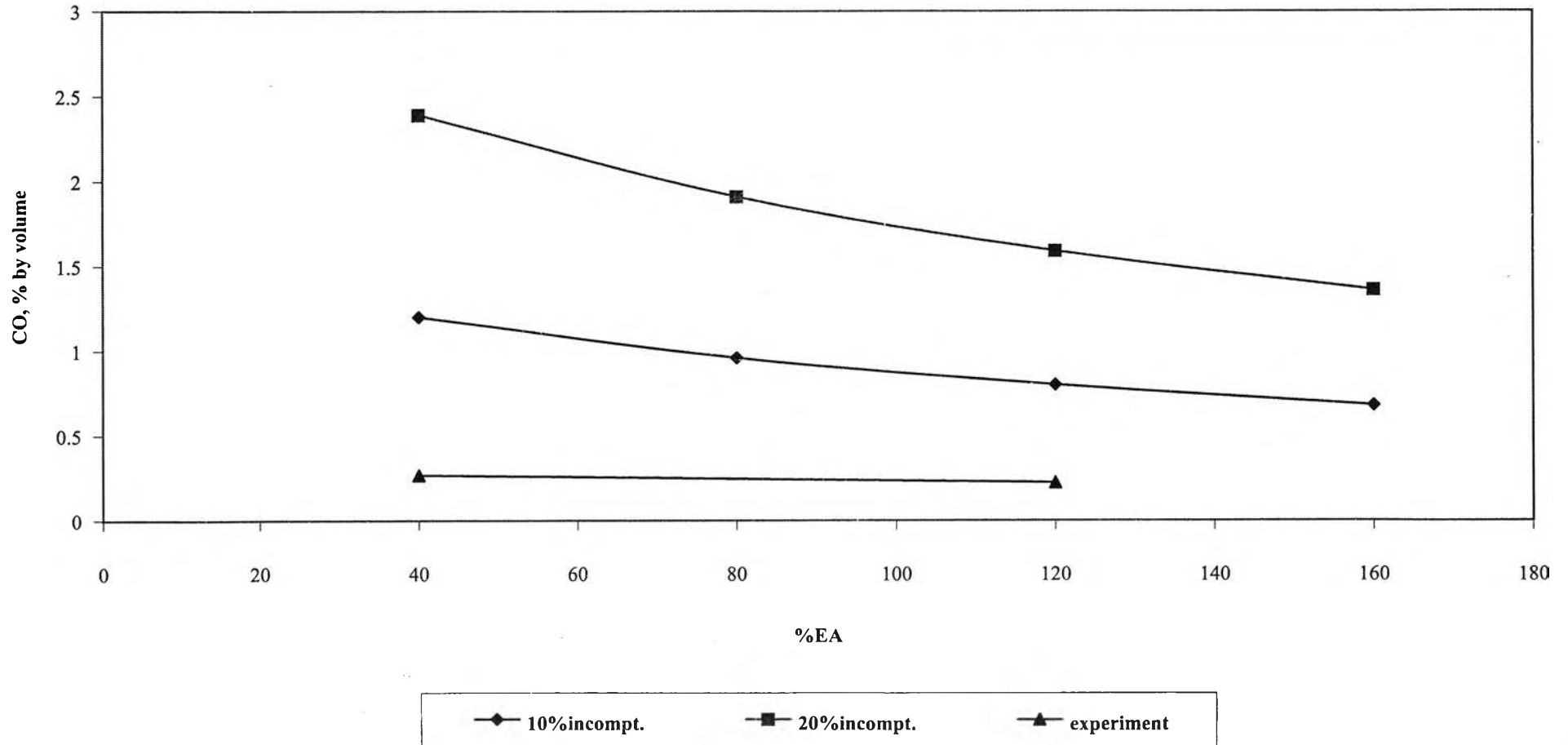
รูปที่ 7.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสีย กับปริมาณอากาศส่วนเกิน
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎี



รูปที่ 7.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทางทฤษฎีในแก๊สไอเสียกับปริมาณอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 7.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สไอเสีย กับปริมาณอากาศส่วนเกิน
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎี



ตารางที่ 7.5 แสดงผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานขององค์ประกอบของแก๊สไอเสีย
ที่ได้จากการทดลอง

ค่าเปอร์เซ็นต์ อากาศส่วนเกิน (%EA)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)
40	0.933	0.919	2146.86
120	1.384	1.301	2054.11

ในการทำการทดลอง เริ่มต้นในการติดเตาเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ โดยใช้ถ่านหุงต้มจุดให้ติดไฟก่อนแล้วจึงใส่เข้าไปในเตาเผาไหม้ และเติมเหง้ามันสำปะหลังเข้าไปตอนหลัง เพราะว่าเหง้ามันสำปะหลังเองนั้นติดไฟได้ยาก เนื่องจากว่ามีเปลือกที่หนาแข็ง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา (silica) ทำให้การลุกไหม้ช้าเหมือนแกลบ หลังจากอุ่นเตาไปประมาณ 10 ถึง 20 นาที จากนั้นจึงเริ่มป้อนเชื้อเพลิงที่เป็นเหง้ามันสำปะหลังอย่างเดียวก่อนเข้าไป เมื่อเหง้ามันสำปะหลังเริ่มลุกติดไฟรอเวลาประมาณ 10 ถึง 15 นาที ถึงได้เริ่มทำการบันทึกข้อมูล เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง รอให้เตาเผาไหม้เย็นตัว จึงเก็บขี้เถ้าที่ได้มาซึ่งน้ำหนัก ได้ผลตามตารางที่ 7.6

จากตารางที่ 7.6 แสดงน้ำหนักขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้เหง้ามันสำปะหลัง ในการทดลองได้ป้อนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังในอัตราที่คงที่ คือเท่ากับ 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ทุกค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินที่ทำการทดลอง หากพิจารณาผลการทดลองที่ใช้เชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังที่เป็นแบบชื้นเช่นเดียวกัน คือ 40%EA กับ 120%EA พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกิน จะได้ขี้เถ้าจากการเผาไหม้เป็นจำนวนลดลง เนื่องจากว่าปริมาณอากาศที่เพิ่มเข้าไปจะไปช่วยทำให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เกิดขึ้น ประกอบกับเชื้อเพลิงผ่านการลดความชื้นและป้อนเข้าสู่เตาเผาไหม้อย่างต่อเนื่องในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเผาไหม้ดีขึ้น ดังนั้นเมื่อเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้ดีขึ้น จึงเหลือเป็นขี้เถ้าที่น้อยลง

การทดลองที่ใช้เหง้ามันสำปะหลังแบบชื้น คือ ที่ 40%EA และ 120%EA เนื่องจากว่าที่ 40%EA ปริมาณอากาศที่เข้ามาทำปฏิกิริยาการเผาไหม้มีน้อยกว่าที่ 120%EA และที่ 120%EA อากาศมีความเร็วสูงกว่า อากาศสามารถที่จะผสมกับเชื้อเพลิงได้ดี ดังนั้นจึงเกิดการเผาไหม้ได้ดีกว่าที่ 40%EA เชื้อเพลิงจึงเหลือเป็นขี้เถ้าที่น้อยลงด้วย

ลักษณะของขี้เถ้าที่ได้จากการทดลองที่ทุกค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน เป็นผงค่อนข้างที่จะละเอียดมีสีเทา ไม่เกิดปรากฏการณ์ของขี้เถ้าหลอมละลาย (molting slace) แต่อย่างใด และไม่เกิดปรากฏการณ์ที่ขี้เถ้าลอยออกมาพร้อมกับแก๊สไอเสียที่ออกมาทางปล่องควันหรือที่เรียกว่า ขี้เถ้าบิน

ตารางที่ 7.6 แสดงน้ำหนักซีเมนต์ที่เกิดจากการเผาไหม้เหมืองน้ำมันสำปะหลัง

เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน (%)	ปริมาณซีเมนต์ที่ได้ทั้งหมด (kg)	ปริมาณซีเมนต์ที่ได้ต่อหน่วยเวลา (kg/hr)
40	2.2	0.377
120	1.85	0.317

ในการทำการทดลอง ก่อนป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบชื้น ได้ผ่านกระบวนการอบลดความชื้นจากห้องอบลดความชื้น โดยอาศัยแก๊สไอเสียจากการเผาไหม้ มาให้ความร้อนกับเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลัง เป็นการนำกลับความร้อนปล่อยทิ้ง (heat recovery) และลดปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควัน

การทดลองได้นำเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังแบบชื้นเป็นจำนวน 1.6 กิโลกรัม มาใส่ลงในห้องอบลดความชื้น เพื่อลดความชื้นในเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลัง โดยกระบวนการอบแห้งจะใช้เวลาทั้งหมด 10 นาที จึงนำเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังออกจากห้องอบลดความชื้น แล้วป้อนเข้าสู่อุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงแบบสกรู เพื่อป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผาไหม้ต่อไป

โดยก่อนที่เมื่อนำเชื้อเพลิงออกจากห้องอบลดความชื้น ก่อนจะป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่อุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิง ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างแห้งมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการอบลดความชื้นแล้วเป็นจำนวนหนึ่ง นำมาชั่งน้ำหนักบนตาชั่งละเอียดและจดบันทึกผลน้ำหนักของแห้งมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการอบลดความชื้นไว้ จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่เก็บมาใส่ถุงเก็บตัวอย่างกันความชื้น เพื่อนำไปหาค่าความชื้นในแห้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งต่อไป

จากผลการทดลองที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 7.7 พบว่าที่ 40%EA ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นในแห้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง มีค่าสูงกว่าที่ 120%EA ส่วนค่าความชื้นที่ลดลงของเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งตามมาตรฐานเปียก ที่ 40%EA มีค่าต่ำกว่าที่ 120%EA ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 120%EA สามารถลดปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงแห้งมันสำปะหลังได้มากกว่าที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA เนื่องจากที่ 120%EA อุณหภูมิของแก๊สไอเสียก่อนเข้าสู่ห้องอบลดความชื้นมีค่าสูงกว่า รวมทั้งแก๊สไอเสียที่เข้าสู่ห้องอบลดความชื้นมีความเร็วสูงกว่า ทำให้แก๊สไอเสียร้อนสามารถพาความชื้นออกไปจากแห้งมันสำปะหลังได้มากกว่า

ตารางที่ 7.7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งภายในห้องอบลดความชื้น

ค่าเปอร์เซ็นต์ อากาศส่วนเกิน (%EA)	ค่าความชื้นเริ่มต้นของ เชื้อเพลิงเหง้ำมัน สำปะหลังแบบชื้น (%wb)	ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้น ในเหง้ำมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการ อบแห้ง (%wb)	ค่าความชื้นที่ลดลงของ เชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการ อบแห้ง (%wb)
40	33.87	25.65	8.22
120	33.87	15.61	18.26

จากรูปที่ 7.12 และรูปที่ 7.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควัน ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ามันสำปะหลัง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน

จากการทดลองพบว่า ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันมีค่าลดลงเมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินมีค่าสูงขึ้น ที่ 40%EA มีปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันสูงกว่าที่ 120%EA และความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินมีค่าสูงขึ้น ที่ 40%EA มีปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งต่ำกว่าที่ 120%EA

เนื่องจากระบบกำเนิดไอน้ำมีการติดตั้งอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง โดยการนำแก๊สไอเสียที่ผ่านออกจากท่อไฟของหม้อไอน้ำ (T_{g3}) มาให้ความร้อนในการอบแห้งกับเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง ก่อนปล่อยแก๊สไอเสียออกสู่บรรยากาศทางปล่องควัน (T_{g4}) ซึ่งถ้าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง แก๊สไอเสียที่ผ่านออกจากท่อไฟของหม้อไอน้ำ จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศเป็นความร้อนสูญเสียออกทางปล่องควัน แทนที่จะมีการนำมาใช้ประโยชน์ ทำให้เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันจะมีค่าลดลง เพราะความร้อนส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในกระบวนการอบแห้งเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง

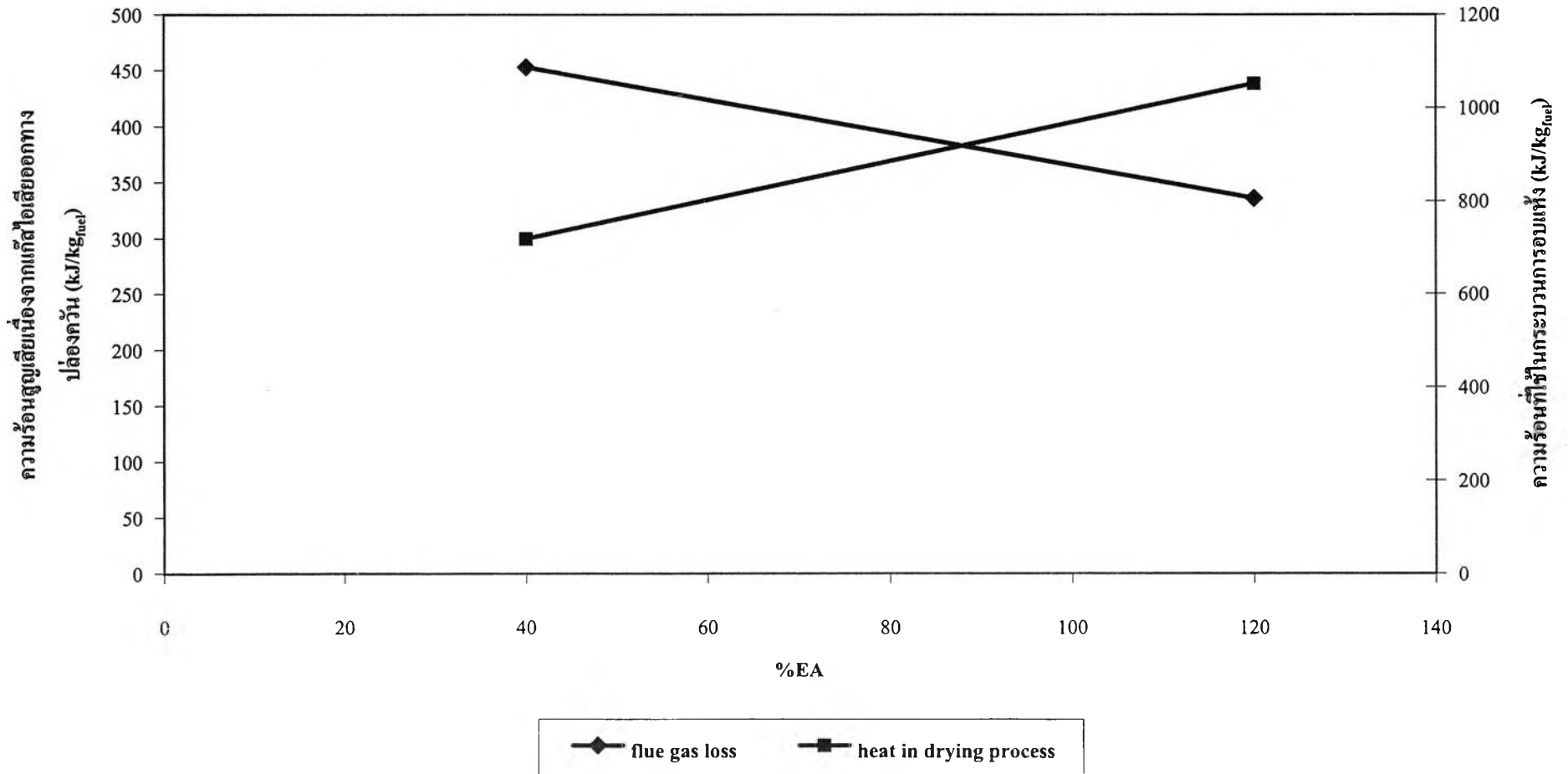
จากผลการทดลองที่ 120%EA พบว่า อุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ผ่านออกจากท่อไฟของหม้อไอน้ำ มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าที่ 40%EA ประกอบกับแก๊สไอเสียที่ 120%EA ออกมาจากท่อไฟของหม้อไอน้ำมีความเร็วที่สูงกว่า ทำให้การถ่ายเทความร้อนในกระบวนการอบลดความชื้นเกิดขึ้นดีกว่า ความร้อนจากแก๊สไอเสียที่ผ่านออกจากท่อไฟของหม้อไอน้ำ (หรือที่เข้าสู่ห้องอบลดความชื้น) จึงถ่ายเทให้กับเหง้ามันสำปะหลังได้มากกว่า ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งจึงมากกว่า ทำให้ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 40%EA

ดังนั้นการนำกลับความร้อนปล่อยทิ้งของแก๊สไอเสียจากการเผาไหม้ มีผลทำให้ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันลดลง โดยความร้อนส่วนนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการอบแห้งเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง และเมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินมีค่าสูงขึ้น กระบวนการอบแห้งที่เกิดขึ้นภายในห้องอบลดความชื้นจะดีขึ้น ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบ

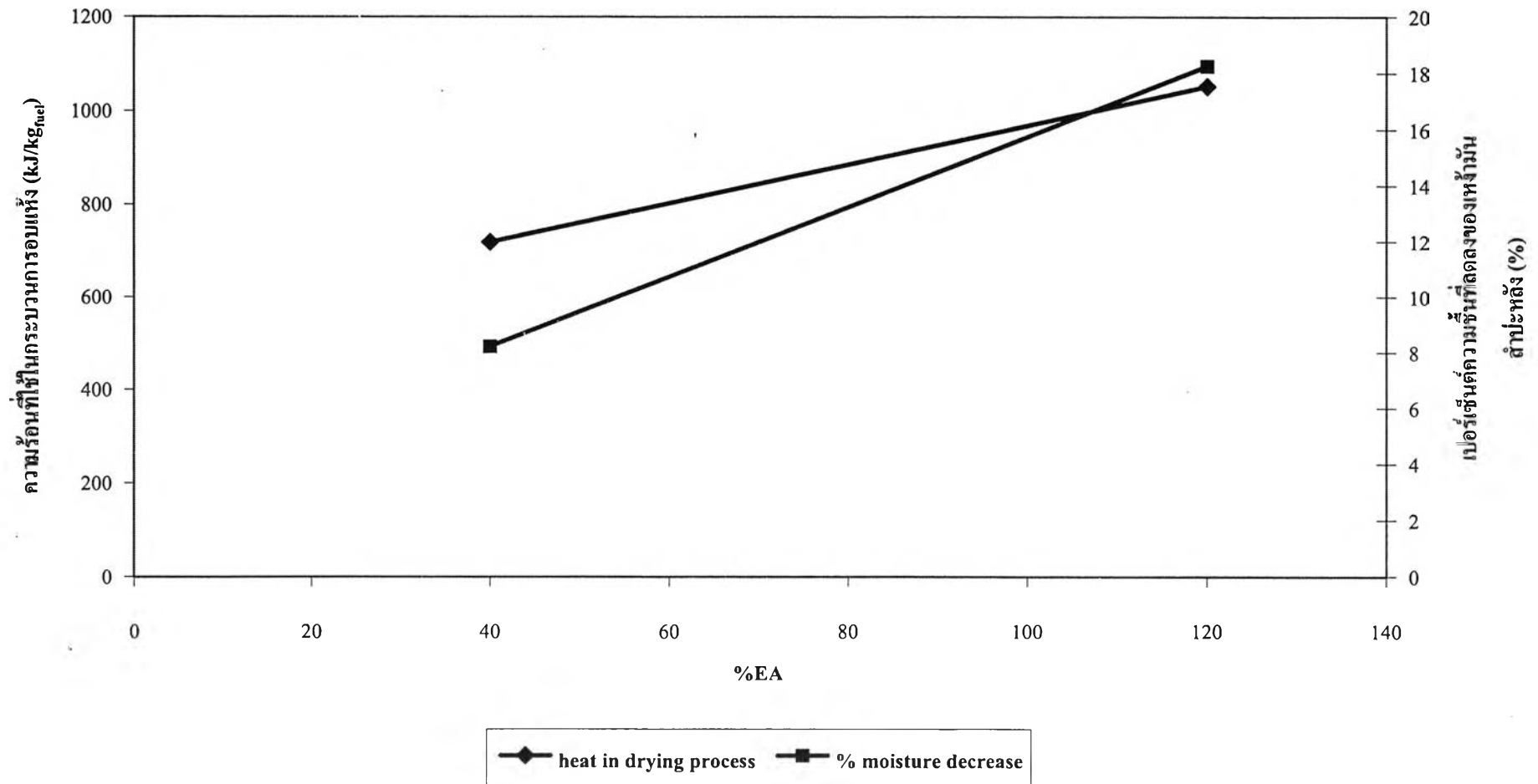
แห้งมากขึ้น มีผลทำให้ลดความชื้นในเชื้อเพลิงได้มากขึ้น และสุดท้ายทำให้ความร้อนสูญเสียเนื่อง
จากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันลดลง

รูปที่ 7.13 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง กับค่าเปอร์เซ็นต์
ความชื้นที่ลดลงของเหง้ามันสำปะหลัง เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ
อากาศส่วนเกินสูงขึ้น

รูปที่ 7.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควัน, ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 7.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง, เปอร์เซนต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ามันสำปะหลัง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



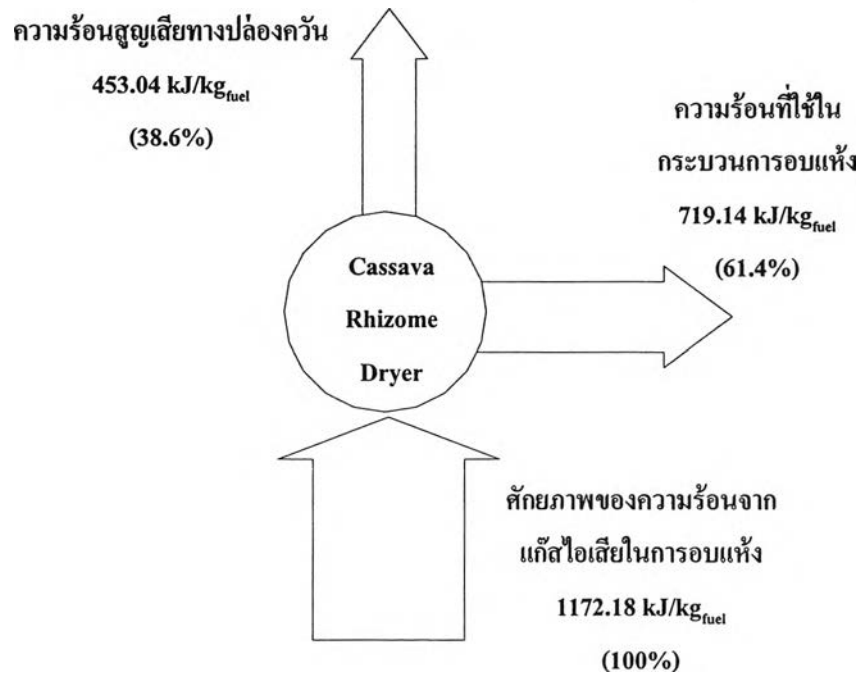
จากรูปที่ 7.14 แสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้งของอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลัง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน และรูปที่ 7.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ำมันสำปะหลัง ประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน

จากผลการทดลองที่ 120%EA พบว่า มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้งของอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลังเท่ากับ 75.8% ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ 40%EA ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้งของอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลังเท่ากับ 61.4% ดังแสดงในรูปที่ 7.14 โดยที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้งเป็นอัตราส่วนของ ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งกับศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้ง เมื่อพิจารณาความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งเป็น ความร้อนที่แก๊สไอเสียถ่ายเทให้กับอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลัง และพิจารณาศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้งเป็น ปริมาณความร้อนที่แก๊สไอเสียสามารถถ่ายเทได้ทั้งหมดจนเข้าสู่สมดุลความร้อน (Thermal Equilibrium) กับบรรยากาศ ดังนั้นการที่ 120%EA มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้งสูงกว่าที่ 40%EA แสดงว่าที่ 120%EA สามารถใช้ประโยชน์จากศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้งได้สูงกว่า และมีปริมาณความร้อนที่นำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งได้มากกว่าที่ 40%EA เนื่องจากที่ 120%EA มีศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้งสูงกว่าที่ 40%EA เพราะปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นที่ 120%EA ดีกว่าที่ 40%EA ทำให้มีปริมาณความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้สูงกว่า จึงมีศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้งที่จะถ่ายเทให้กับอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลังสูงกว่า ประกอบกับที่ 120%EA มีความเร็วของแก๊สไอเสียสูงกว่าที่ 40%EA ทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนจากแก๊สไอเสียภายในห้องอบลดความชื้นเกิดขึ้นได้ดีกว่า จึงสามารถสรุปได้ว่า เมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง จากศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้ง มีค่าสูงขึ้น

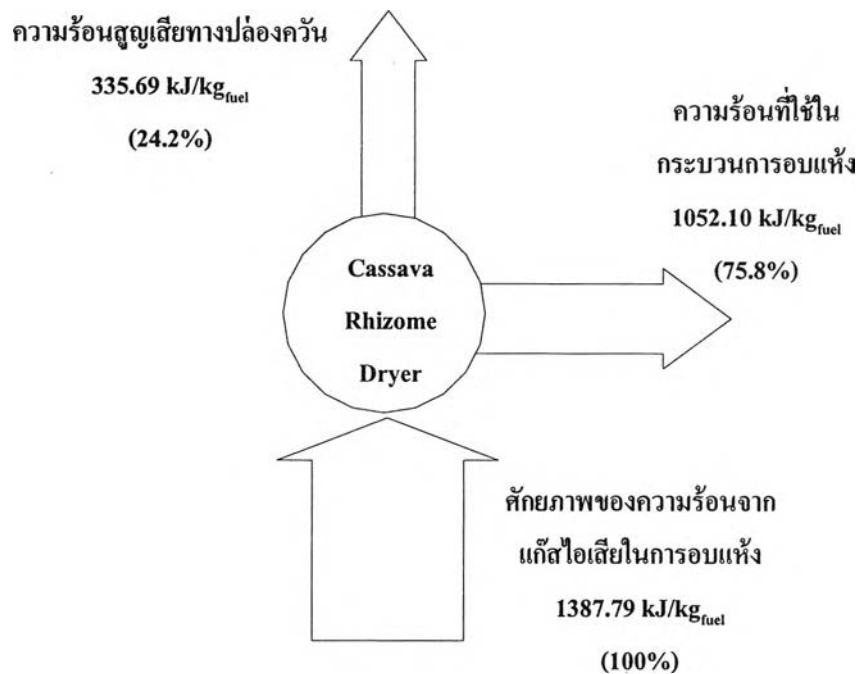
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ำมันสำปะหลัง กับประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง ที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA และ 120%EA ดังแสดงในรูปที่ 7.15 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ำมันสำปะหลัง เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินสูงขึ้น เนื่องจากถ้าอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้งสูงขึ้น แสดงว่า

มีการนำพลังงานความร้อนจากแก๊สไอเสียมาใช้ในกระบวนการอบแห้งได้มากขึ้น เป็นผลทำให้เชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังภายในห้องอบลดความชื้นได้รับความร้อนมากขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเห้ง้ำมันสำปะหลังจึงเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานความร้อนภายในอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลัง พบว่า การใช้พลังงานความร้อนภายในอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังที่ได้รับจากแก๊สไอเสีย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง ถูกนำมาใช้เป็นการให้ความร้อนสำหรับลดความชื้นในเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลัง ส่วนที่สอง เป็นความร้อนสูญเสียจากอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังออกสู่บรรยากาศ ดังแสดงในตารางที่ 7.8 จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่า เมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเพิ่มขึ้นจาก 40%EA เป็น 120%EA ปริมาณความร้อนที่ใช้สำหรับลดความชื้นในเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าร้อยละของการใช้พลังงานความร้อนในการลดความชื้นในเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลัง จากปริมาณความร้อนที่ได้รับจากแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเห้ง้ำมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อค่าปริมาณอากาศส่วนเกินมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงขึ้น ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้สูงขึ้น จึงมีศักยภาพของความร้อนจากแก๊สไอเสียในการอบแห้งที่จะถ่ายเทให้กับอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ประกอบกับเมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินมีค่าเพิ่มขึ้น ความเร็วของแก๊สไอเสียมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ความร้อนจากแก๊สไอเสียถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังได้มากขึ้น จึงทำให้ค่าร้อยละของการใช้พลังงานความร้อนในการลดความชื้นในเชื้อเพลิงเห้ง้ำมันสำปะหลังจากปริมาณความร้อนที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเห้ง้ำมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้น



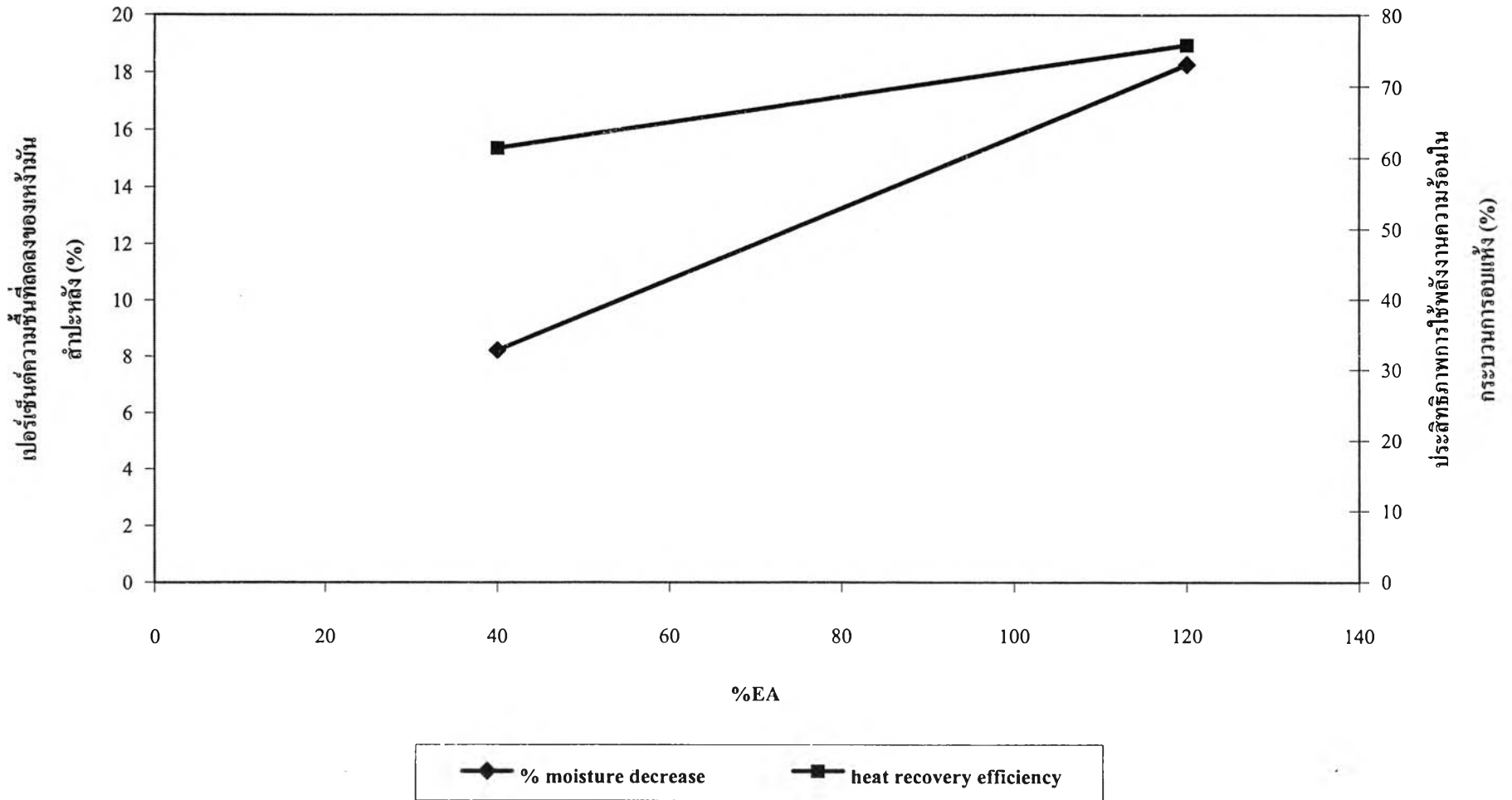
ที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA



ที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 120%EA

รูปที่ 7.14 แสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง
ของอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิงเหง้ำมันสำปะหลัง

รูปที่ 7.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ามันสำปะหลัง, ประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



ตารางที่ 7.8 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนภายในอุปกรณ์ลดความชื้นเชื้อเพลิง
 เหม่ง้ำมันสำปะหลัง

ค่าเปอร์เซ็นต์ อากาศส่วนเกิน (%BA)	ปริมาณความร้อน ที่แก๊สไอเสียถ่ายเท ให้กับอุปกรณ์ลด ความชื้นเชื้อเพลิง เหม่ง้ำมันสำปะหลัง (kJ/kg _{fuel})	ปริมาณความ ร้อนที่ใช้สำหรับ ลดความชื้นใน เชื้อเพลิงเหม่ง้ำมัน สำปะหลัง (kJ/kg _{fuel})	ปริมาณความ ร้อนสูญเสียจาก อุปกรณ์ลด ความชื้นเชื้อเพลิง เหม่ง้ำมัน สำปะหลัง (kJ/kg _{fuel})	ค่าร้อยละของการ ใช้พลังงานความ ร้อนในการลด ความชื้นในเชื้อ เพลิงเหม่ง้ำมัน สำปะหลังจาก ปริมาณความ ร้อนที่ได้รับจาก แก๊สไอเสีย (%)
40	719.14	229.0	490.14	31.8
120	1052.10	508.3	543.80	48.3

จากรูปที่ 7.16 รูปที่ 7.17 และรูปที่ 7.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ความร้อนในไอน้ำที่ผลิตได้ ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ ประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งสำหรับสัปดาห์เป็นเชื้อเพลิง และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของแข็งสำหรับสัปดาห์ กับปริมาณอากาศส่วนเกิน พบว่า

จากผลการทดลอง หากพิจารณาเฉพาะการทดลองที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งแบบชิ้น ที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA และ 120%EA ผลการทดลองที่ได้เป็น ดังนี้ เมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกิน ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาไหม้เกิดการเผาไหม้ได้ดีมากขึ้น ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้สูงขึ้น และมีประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงขึ้น พิจารณาได้จากรูปที่ 7.16 และ รูปที่ 7.17 ดังนั้นเมื่อการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นดี จะทำให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ความร้อนจึงสามารถถ่ายเทให้กับน้ำที่อยู่ในตัวหม้อไอน้ำได้มากขึ้นด้วย ระบบกำเนิดไอน้ำจึงสามารถผลิตปริมาณไอน้ำได้เพิ่มขึ้น เมื่อไปคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำ จึงได้ประสิทธิภาพรวมมากขึ้นด้วยเมื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกิน ดังรูปที่ 7.17

จากค่าประสิทธิภาพของการเผาไหม้ที่ได้ สามารถนำมาหาค่าประสิทธิภาพของการเผาไหม้ในรูปของเปอร์เซ็นต์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ ซึ่งได้ผลเป็นดังนี้ ที่ 40%EA การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ประมาณเท่ากับ 49.25% ที่ 120%EA การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ประมาณเท่ากับ 39.90%

เปอร์เซ็นต์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ หากเปรียบเทียบกับ เปอร์เซ็นต์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ที่ได้จากผลการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสีย ผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถูกต้องมากกว่า เนื่องจากว่า ในการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าที่วัดได้นั้นแกว่งขึ้นลงตามเวลาของการทดลองดังที่ได้แสดงในรูปที่ 7.3 และรูปที่ 7.4 จึงอาจได้ค่าที่ไม่แม่นยำ

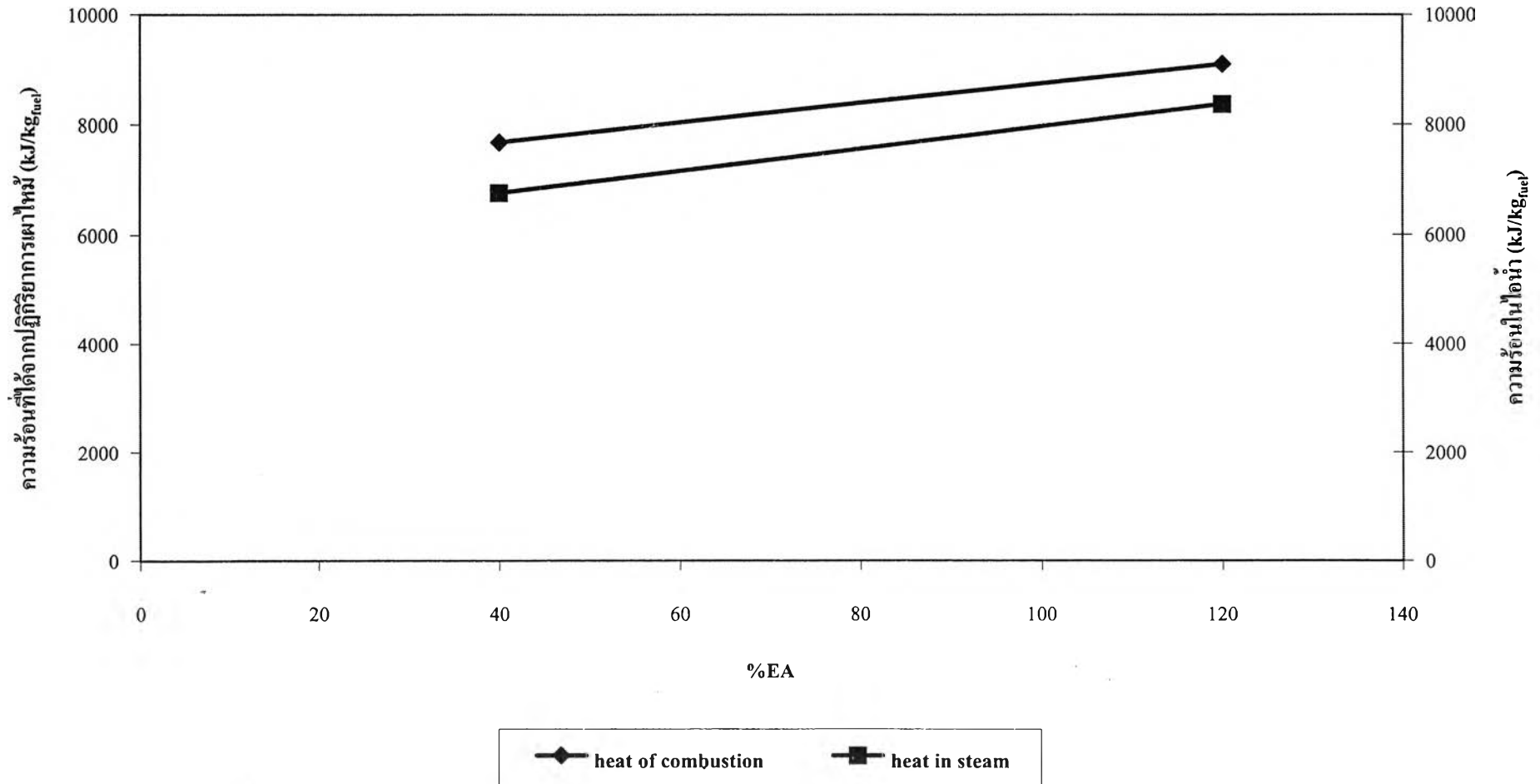
จากรูปที่ 7.18 พบว่าสำหรับเชื้อเพลิงแข็งสำหรับสัปดาห์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของแข็งสำหรับสัปดาห์ กับค่าประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำ เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินเพิ่มขึ้นจาก 40%EA เป็น 120%EA เนื่องจาก ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของแข็งสำหรับสัปดาห์ ขึ้นกับปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง ถ้าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของแข็งสำหรับสัปดาห์ลดลงมาก ต้องอาศัยปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งมากด้วย และเมื่อมีการใช้ปริมาณความร้อนในการอบแห้งมาก ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันจะลดลง เมื่อความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอ

เสียออกทางปล่องควันลดลง ความร้อนถูกนำกลับมาใช้หมุนเวียนในระบบมากขึ้น ประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำต้องมีค่าสูงขึ้น

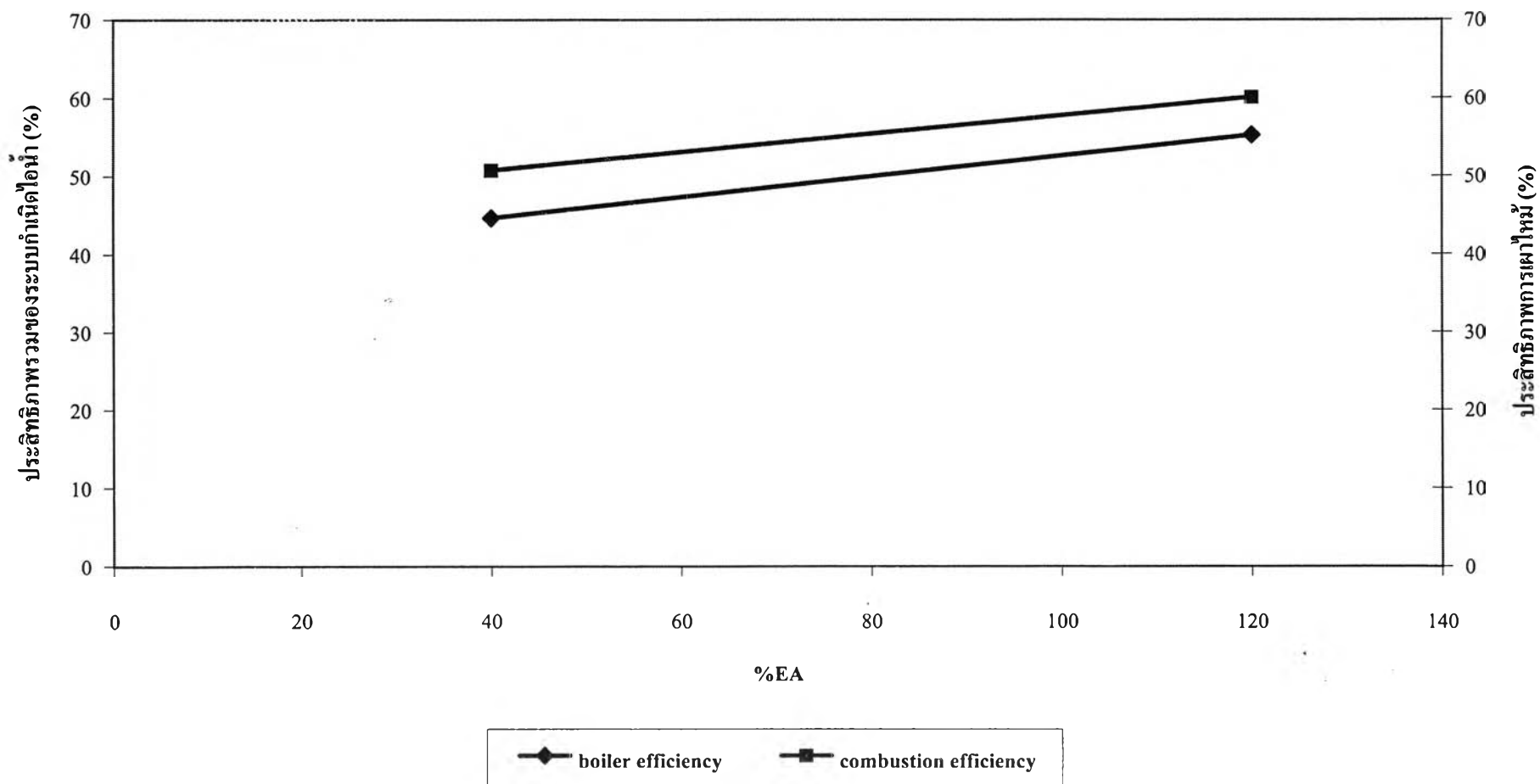
ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบกำเนิดไอน้ำทำให้ ประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม เมื่อพิจารณาที่ 40%EA ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 34.41%* เป็น 44.67% เพิ่มขึ้น 10.26% และที่ 120%EA ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 47.23%* เป็น 55.27% เพิ่มขึ้น 8.04% ส่วนสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควันมีค่าลดลง เพราะนำความร้อนส่วนหนึ่งไปใช้ในกระบวนการอบลดความชื้นเห้งน้ำมันสำเร็จ ทำให้เห้งน้ำมันสำเร็จมีความชื้นลดลง เป็นผลทำให้การเผาไหม้ของเห้งน้ำมันสำเร็จในเตาเผาไหม้ดีขึ้น ประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงขึ้น ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูงขึ้น ความร้อนที่ถ่ายเทให้กับน้ำภายในหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

*ข้อมูลจากผลการวิจัยของวิทยานิพนธ์การออกแบบหม้อไอน้ำแรงดันต่ำโดยใช้เห้งน้ำมันสำเร็จเป็นเชื้อเพลิง [28]

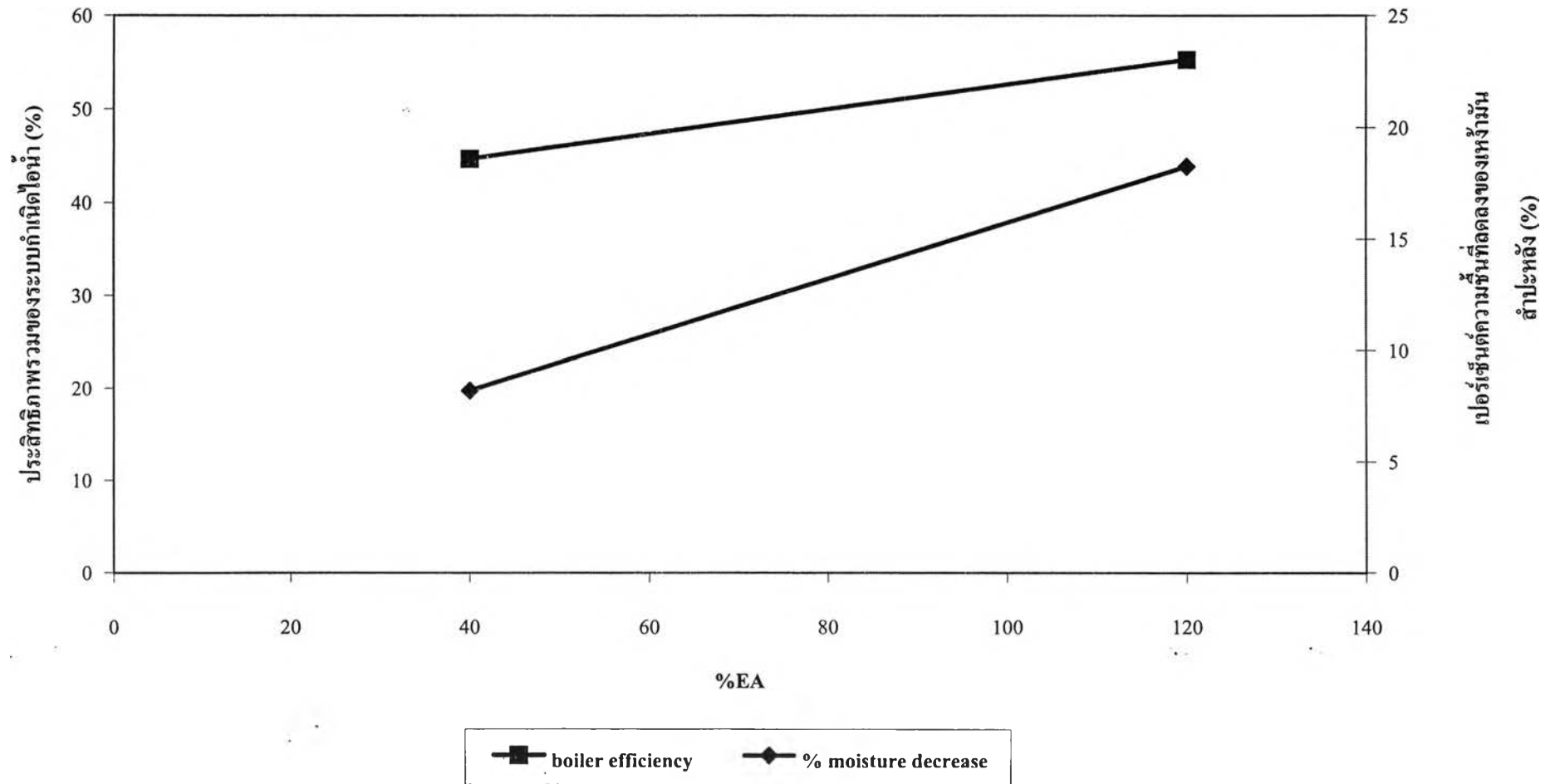
รูปที่ 7.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้, ความร้อนในไอน้ำที่ผลิตได้
กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 7.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำ
ที่ใช้ชั้นหม้อน้ำล่าปะหลังเป็นเชื้อเพลิง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 7.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ชั้นเหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง และเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงของเหง้ามันสำปะหลัง กับปริมาณอากาศส่วนเกิน



จากการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ผ่านมาข้างต้น ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ บ่งชี้ (parameter) ต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์เชิงความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำ

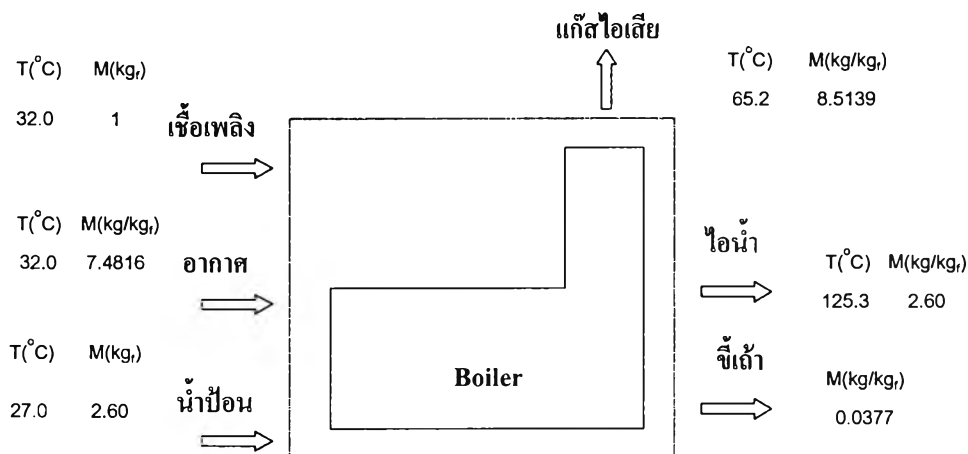
นอกเหนือจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณบ่งชี้ต่างๆ ที่ผ่านมาข้างต้น การวิเคราะห์ที่สำคัญที่สุดสำหรับการประเมินสัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนภายในระบบกำเนิดไอน้ำ คือ การสมดุลพลังงาน (heat balance) ซึ่งเป็นการคำนวณปริมาณความร้อนเข้าและความร้อนออกจากระบบกำเนิดไอน้ำในทางต่างๆ อย่างละเอียด เพื่อเป็นการแสดงถึงสัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนที่ได้รับ ว่ามีการนำพลังงานความร้อนที่ได้รับออกไปใช้ในทางใดบ้าง โดยที่พลังงานความร้อนที่ได้รับทั้งหมดต้องเท่ากับ ผลรวมของพลังงานความร้อนออกและพลังงานสูญเสียในรูปแบบต่างๆ ทั้งหมดที่เกิดขึ้น

รูปที่ 7.19 และรูปที่ 7.20 แสดงสมดุลมวลของระบบกำเนิดไอน้ำที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA และ 120%EA ตามลำดับ โดยรูปแสดงสมดุลมวลของหม้อไอน้ำนี้ แสดงปริมาณมวลสารที่เข้าสู่หม้อไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วยเชื้อเพลิง อากาศที่เข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ และน้ำที่ป้อนเข้าสู่ตัวหม้อไอน้ำ และปริมาณมวลสารที่ออกจากหม้อไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วย แก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ ไอน้ำที่ผลิตได้ และขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ โดยเน้นที่สมดุลมวลทั้งระบบของหม้อไอน้ำ ไม่ได้เน้นการทำสมดุลมวลขององค์ประกอบของแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้

ตารางที่ 7.9 และตารางที่ 7.10 แสดงตารางสมดุลความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ชั้น เหน้้ำมันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง ของการทดลองที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA และ 120%EA ตามลำดับ

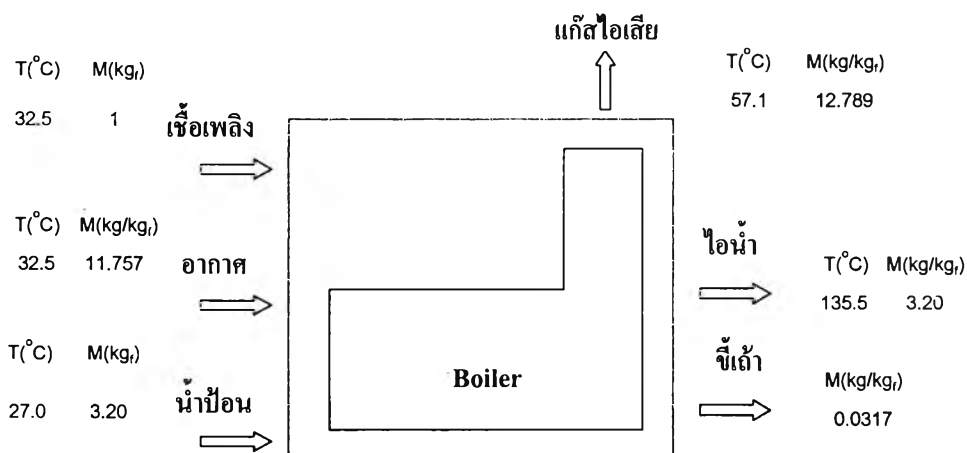
ส่วนรูปที่ 7.21 และรูปที่ 7.22 แสดงแผนภาพสมดุลความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ ชั้นเหน้้ำมันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง ของการทดลองที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40%EA และ 120%EA ตามลำดับ โดยอาศัยข้อมูลจากตารางสมดุลความร้อน

รูปที่ 7.19 แสดงสมดุลมวลของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้หินแห้งมาต้พะหลังเป็นเชื้อเพลิง
ที่การทดลอง 40%EA



$$\%Error = 0.6317\%$$

รูปที่ 7.20 แสดงสมดุลมวลของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้หินแห้งมาต้พะหลังเป็นเชื้อเพลิง
ที่การทดลอง 120%EA



$$\%Error = 0.3992\%$$

ตารางที่ 7.9 สมดุลพลังงานความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ชั้นเหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง
ที่การทดลอง 40%EA

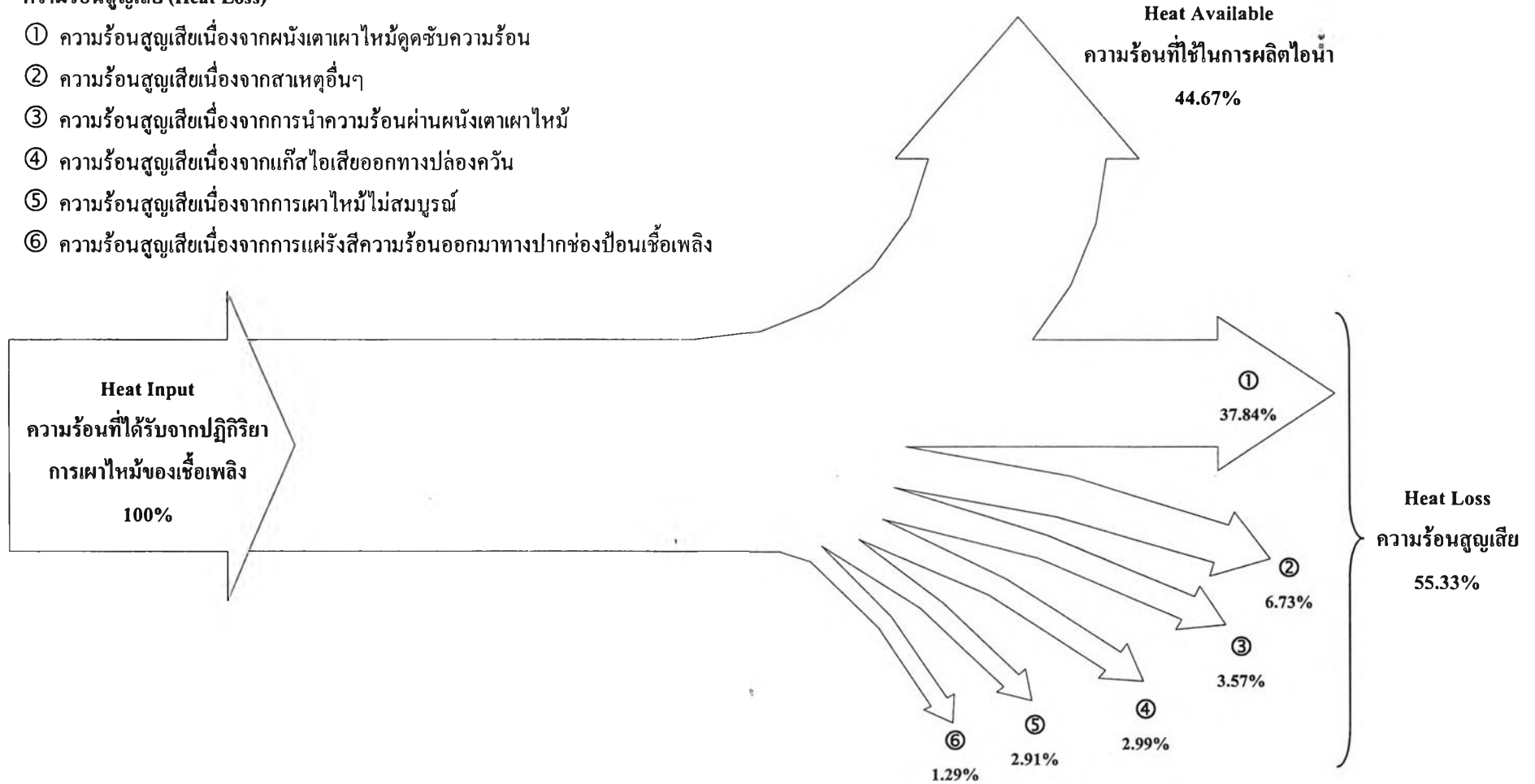
ความร้อนเข้า	kJ/kg _{fuel}	%	ความร้อนออก	kJ/kg _{fuel}	%	
ความร้อนที่เกิดจาก ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ของเชื้อเพลิง	15,138.40	100	ความร้อนออกยังผล	ความร้อนที่ถูกดูดกลืน โดยน้ำในหม้อไอน้ำ	6,762.00	44.67
				รวมย่อย	6,762.00	44.67
			ความร้อนสูญเสีย	- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากแก๊สไอเสียออกทาง ปล่องควัน	453.04	2.99
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากการเผาไหม้ไม่ สมบูรณ์	439.78	2.91
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากการนำความร้อน ผ่านผนังเตาเผาไหม้	541.82	3.57
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากผนังเตาเผาไหม้ดูด ซับความร้อน	5,728.29	37.84
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากการแผ่รังสีความ ร้อนออกมาทางปาก ห้องป้อนเชื้อเพลิง	194.95	1.29
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากสาเหตุอื่นๆ	1,018.52	6.73
				รวมย่อย	8,376.40	55.33
			รวม	15,138.40	100	รวม

ตารางที่ 7.10 สมดุลพลังงานความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้หินแห้งมันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง
ที่การทดลอง 120%EA

ความร้อนเข้า	$\text{kJ/kg}_{\text{fuel}}$	%	ความร้อนออก		$\text{kJ/kg}_{\text{fuel}}$	%
ความร้อนที่เกิดจาก ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ของเชื้อเพลิง	15,138.40	100	ความร้อนออกยังผล	ความร้อนที่ถูกดูดกลืน โดยน้ำในหม้อไอน้ำ	8,367.07	55.27
				รวมย่อย	8,367.07	55.27
			ความร้อนสูญเสีย	- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากแก๊สไอเสียออกทาง ปล่องควัน	335.69	2.22
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากการเผาไหม้ไม้ สมบูรณ์	444.31	2.93
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากการนำความร้อน ผ่านผนังเตาเผาไหม้	355.01	2.35
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากผนังเตาเผาไหม้ดูด ซับความร้อน	4,505.04	29.76
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากการแผ่รังสีความ ร้อนออกมาทางปาก ช่องป้อนเชื้อเพลิง	123.74	0.82
				- ความร้อนสูญเสียเนื่อง จากสาเหตุอื่นๆ	1,007.54	6.65
				รวมย่อย	6,771.33	44.73
			รวม	15,138.40	100	รวม

ความร้อนสูญเสีย (Heat Loss)

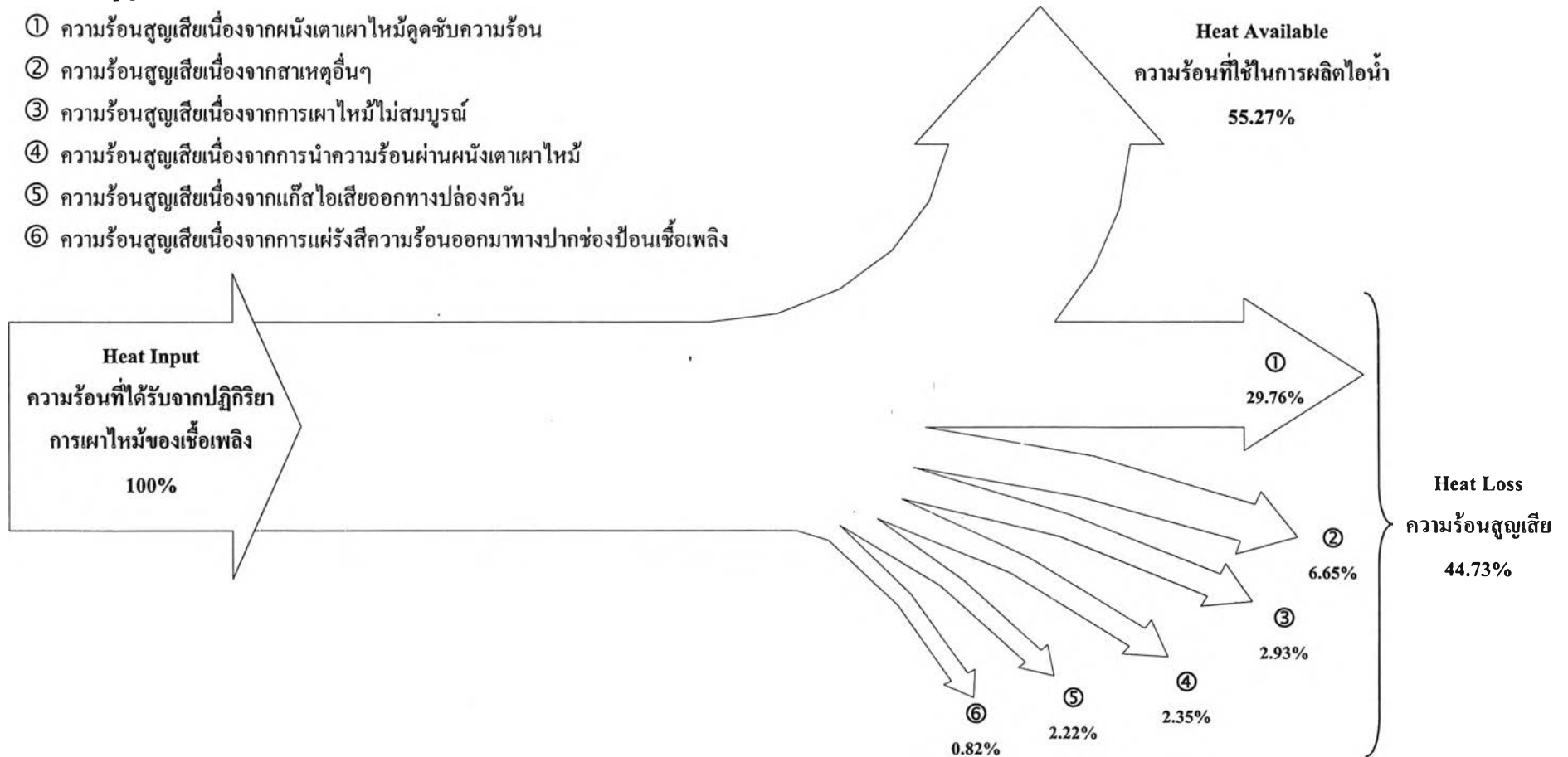
- ① ความร้อนสูญเสียเนื่องจากผนังเตาเผาไหม้ดูดซับความร้อน
- ② ความร้อนสูญเสียเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ
- ③ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนผ่านผนังเตาเผาไหม้
- ④ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควัน
- ⑤ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์
- ⑥ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนออกมาทางปากช่องป้อนเชื้อเพลิง



รูปที่ 7.21 แสดงแผนภาพสมดุลพลังงานความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ชั้นเหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงที่การทดลอง 40%EA

ความร้อนสูญเสีย (Heat Loss)

- ① ความร้อนสูญเสียเนื่องจากผนังเตาเผาไหม้ดูดซับความร้อน
- ② ความร้อนสูญเสียเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ
- ③ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์
- ④ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนผ่านผนังเตาเผาไหม้
- ⑤ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแก๊สไอเสียออกทางปล่องควัน
- ⑥ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนออกมาทางปากช่องป้อนเชื้อเพลิง



รูปที่ 7.22 แสดงแผนภาพสมดุลพลังงานความร้อนของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ชั้นหม้อน้ำสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงที่การทดลอง 120%EA

7.3 แสดงภาพถ่ายของการทดลอง

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอภาพถ่ายที่แสดงถึงขั้นตอนต่างๆ ของการทดลองงานวิจัยการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบกำเนิดไอน้ำที่ใช้ฉนวนหุ้มถังน้ำร้อนเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 7.23 แสดงการใส่เชื้อเพลิงหุ้มฉนวนถังน้ำร้อนลงในห้องอบลดความชื้น



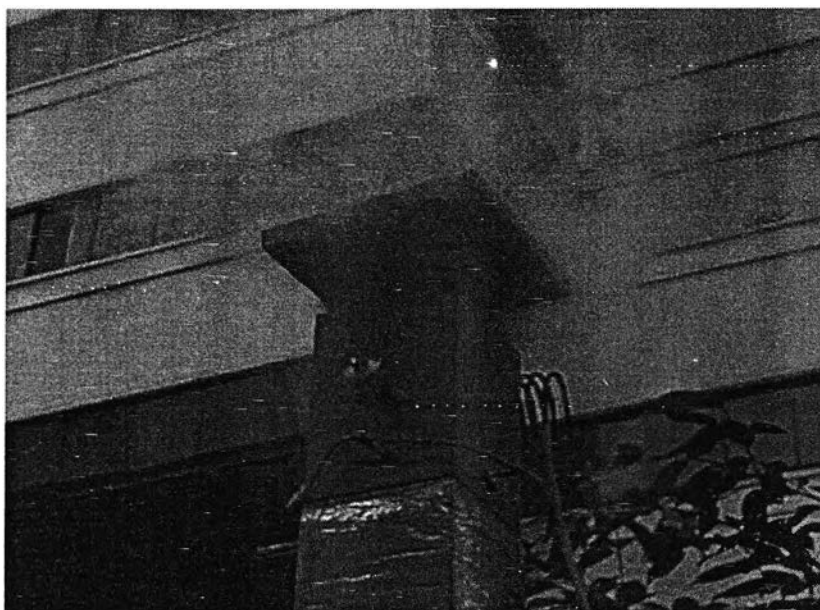
รูปที่ 7.24 แสดงการใส่เชื้อเพลิงหุ้มฉนวนถังน้ำร้อนลงในอุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงแบบสกรู



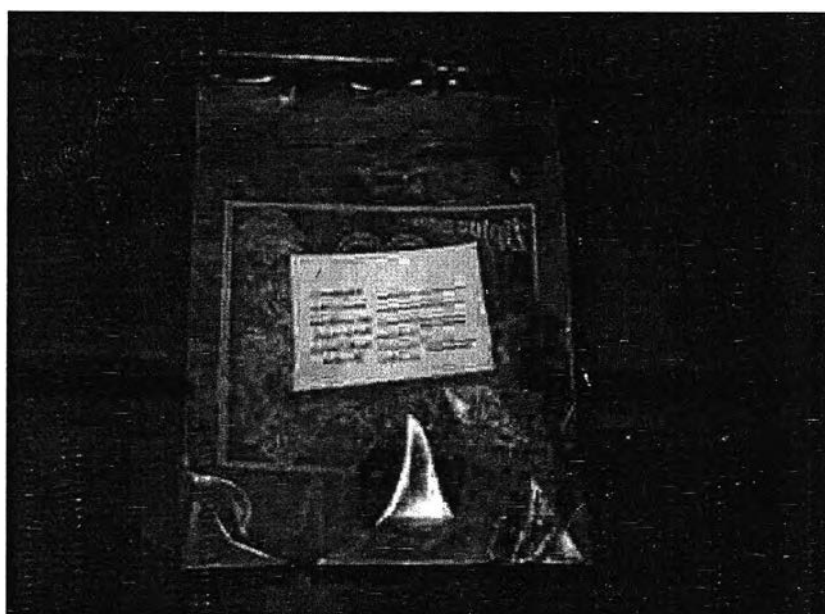
รูปที่ 7.25 แสดงหม้อต้มสำปะหลังแบบจีนภายในอุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงแบบสกปรู



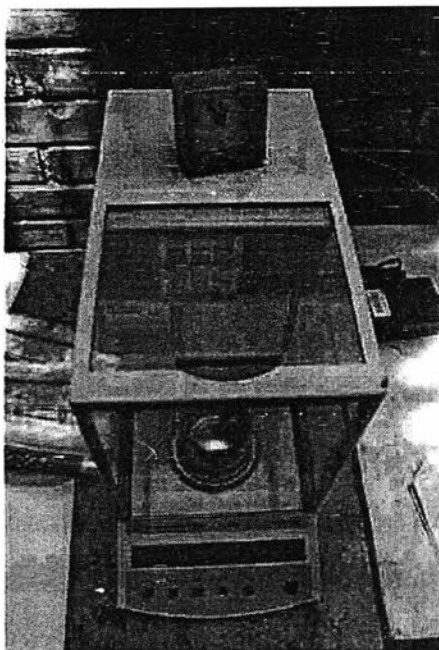
รูปที่ 7.26 แสดงไอน้ำที่ระบบกำเนิดไอน้ำผลิตออกมา



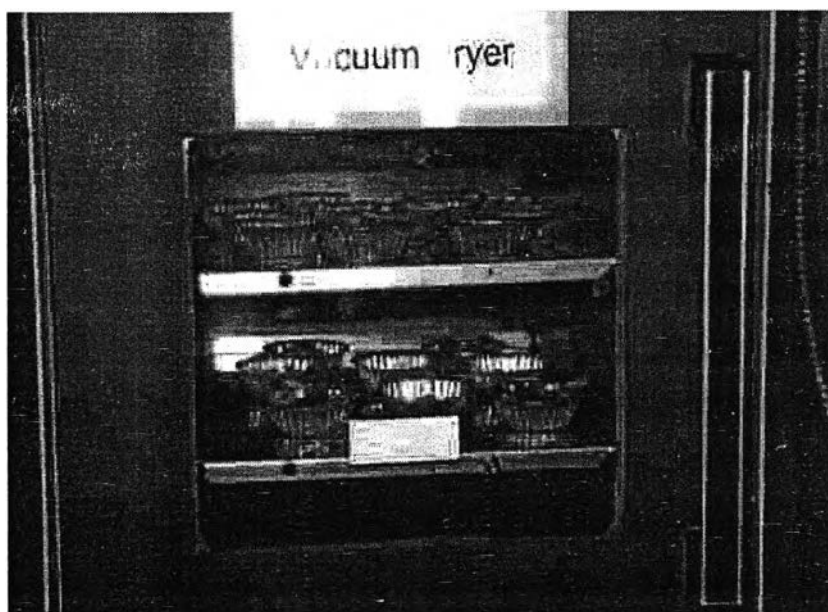
รูปที่ 7.27 แสดงควันที่ได้จากการเผาไหม้ที่ออกมาจากระบบกำเนิดไอน้ำทางปล่องควัน



รูปที่ 7.28 แสดงการเก็บตัวอย่างชิ้นหนึ่งสำหรับปะหลังที่ออกจากห้องอบลดความชื้น



รูปที่ 7.29 แสดงการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นแห้งมันสำปะหลังที่เก็บจากห้องอบลดความชื้น



รูปที่ 7.30 แสดงการอบแห้งตัวอย่างชิ้นแห้งมันสำปะหลังที่เก็บจากห้องอบลดความชื้น