



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดสอบกลิ่นเอทานอลโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตารางที่ ก.1 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟ
 ไฟ Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	20.8	20.5	22.7				
5	55.4	20.4	22.8				
10	75.7	20.6	22.8				
15	90.0	20.5	22.5				
20	89.0	23.9	22.5				
25	92.0	37.7	22.6				
30	92.3	55.7	22.5				
35	92.9	74.9	22.6				
40	92.9	80.1	21.5				
45	94.2	83.7	21.3				
50	94.7	84.6	21.8	128	80		
55	95.4	86.2	22.3				
60	96.2	87.3	22.5	140	74	300	9
65	96.6	88.8	23.0				
70	97.0	89.9	23.5	126	70	320	7
75	97.0	91.4	23.7				
80	97.0	93.2	24.2	114	64	335	7
85	97.0	93.5	24.6				
90	97.3	93.8	25.1	104	54	312	6
95	97.0	94.4	25.2				
100	97.1	94.4	25.5	114	49	300	5
105	97.0	94.8	26.2				
110	97.1	94.9	26.6	118	45	280	4
115	97.0	95.0	26.7				
120	97.5	94.9	27.4	116	43	280	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 960 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.0 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 61 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 2,130 cm³ ความเข้มข้น 1 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 1 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 5,217 cm³

ตารางที่ ก.2 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	22.4	37.0	22.6				
5	61.5	35.3	22.6				
10	88.0	35.2	22.5				
15	89.2	37.5	22.5				
20	89.7	55.2	22.5				
25	92.4	68.2	22.6				
30	90.4	79.5	22.6				
35	92.7	81.9	22.7				
40	93.7	85.7	23.6	138	80		
45	94.4	87.8	24.3				
50	95.3	89.7	25.0	210	72	680	11
55	95.7	90.3	25.4				
60	94.5	91.5	25.9	174	65	890	9
65	95.5	92.6	26.6				
70	94.9	93.1	27.0	152	58	840	8
75	94.6	93.1	27.2				
80	94.4	92.9	27.4	120	54	930	8
85	94.5	93.0	27.7				
90	95.2	93.6	28.3	154	53	880	6
95	95.1	93.7	28.7				
100	95.3	93.9	29.1	154	49	830	5
105	92.1	92.2	27.5				
110	92.8	92.2	26.2	95	51	860	5
115	93.1	91.4	26.2				
120	93.1	92.1	26.3	110	56	770	5

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,307 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 14.5 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 61 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 2,280 cm³ ความเข้มข้น 4 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 5 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 10,267 cm³

ตารางที่ ก.3 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	35.5	41.2	26.3				
5	73.2	39.6	26.2				
10	90.1	38.8	26.1				
15	90.7	54.5	26.3				
20	91.3	76.7	26.2				
25	91.8	81.4	24.9				
30	92.3	84.9	24.3	77	79		
35	93.2	86.9	24.1				
40	93.7	89.2	24.2	186	72	590	9
45	95.3	89.9	24.5				
50	95.4	90.9	25.0	234	65	660	9
55	95.0	91.2	26.7				
60	95.9	91.4	27.3	190	60	820	7
65	95.9	92.6	28.2				
70	96.7	93.0	28.7	208	56	550	7
75	97.0	93.7	29.7				
80	97.3	94.3	30.3	236	50	620	5
85	97.5	95.0	31.2				
90	97.8	95.5	31.9	224	40	622	5
95	97.3	95.7	32.6				
100	97.4	95.9	33.3	210	35	600	3
105	96.7	95.9	31.2				
110	96.2	95.2	27.5	186	33	590	4
115	96.0	95.1	28.0				
120	96.1	95.2	28.3	188	37	560	4

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,939 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 19.4 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 51 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 2,340 cm³ ความเข้มข้น 2 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 2 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 9,891 cm³

ตารางที่ ก.4 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	21.2	20.0	22.4				
5	54.6	20.1	22.5				
10	77.7	20.1	22.5				
15	89.4	20.3	22.4				
20	91.3	23.5	22.3				
25	92.4	50.5	22.3				
30	93.6	79.2	22.3				
35	94.3	83.6	22.3				
40	95.2	87.4	24.1	158	77		
45	96.0	90.4	24.7				
50	96.1	92.4	25.6	136	67	450	10
55	96.6	93.5	26.2				
60	97.1	94.5	27.0	120	55	540	8
65	96.9	95.0	27.6				
70	97.3	95.4	28.2	120	44	440	5
75	96.7	95.5	28.7				
80	97.3	95.6	29.5	104	36	254	3
85	97.2	95.8	30.1				
90	97.8	96.0	30.7	112	34	194	3
95	97.5	96.0	31.4				
100	97.8	96.2	31.9	118	31	188	3
105	96.6	96.2	32.5				
110	97.5	96.3	30.2	122	28	230	1
115	97.0	96.3	30.5				
120	97.0	96.2	31.1	118	28	210	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,108 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.3 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 46 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 1 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,614 cm³

ตารางที่ ๓.5 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	29.4	34.5	24.5				
5	67.7	33.1	24.5				
10	88.9	32.3	24.5				
15	91.4	38.5	24.5				
20	91.5	55.4	24.5				
25	91.6	70.6	24.5				
30	92.0	83.5	23.7	49	67		
35	93.8	88.3	24.2				
40	93.8	87.9	24.2	152	73		
45	94.1	90.1	24.7				
50	95.1	91.5	25.5	148	67	580	10
55	94.5	91.7	25.8				
60	95.6	93.0	26.5	158	58	540	9
65	95.8	93.6	27.2				
70	96.5	94.2	27.8	172	50	460	8
75	96.5	94.6	28.6				
80	96.9	94.8	29.1	180	41	480	6
85	96.9	95.3	29.8				
90	96.9	95.2	30.5	172	35	360	6
95	97.1	95.5	31.3				
100	97.2	95.7	31.8	172	31	390	4
105	97.1	95.7	32.3				
110	97.2	95.8	33.1	170	30	390	3
115	97.1	95.9	33.6				
120	96.9	95.9	34.2	170	31	450	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,543 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 15.4 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 46 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 1,430 cm³ ความเข้มข้น 1 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 1 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 6,623 cm³

ตารางที่ ก.6 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	33.0	36.8	25.0				
5	72.6	35.5	24.9				
10	91.0	35.1	24.9				
15	90.6	49.7	25.0				
20	92.3	78.9	25.1				
25	93.0	84.3	25.0				
30	94.3	87.3	25.4	166	75		
35	95.1	89.0	26.2				
40	95.8	91.7	27.0	214	69	860	9
45	95.7	93.7	27.5				
50	96.3	94.2	28.1	204	55	790	9
55	96.0	94.4	28.7				
60	96.0	94.8	29.4	208	44	930	6
65	95.9	94.8	30.2				
70	96.8	94.9	30.6	186	41	750	5
75	96.2	95.3	31.4				
80	96.6	95.5	31.9	202	38	860	5
85	96.8	95.6	32.9				
90	97.0	96.0	30.0	188	36	850	3
95	96.5	95.8	29.6				
100	96.0	95.3	29.7	182	31	850	2
105	96.8	95.4	30.8				
110	97.0	95.7	31.4	200	36	635	2
115	97.2	96.0	32.2				
120	97.7	95.9	32.5	200	31	400	4

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,950 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 19.5 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 45 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 1 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 8,875 cm³

ตารางที่ ก.7 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	18.7	18.9	22.8				
5	58.7	18.7	22.8				
10	78.0	18.6	22.7				
15	89.3	18.5	22.7				
20	91.4	24.3	22.7				
25	93.3	74.5	22.7				
30	94.5	82.7	23.0	94	81		
35	95.2	88.2	23.1				
40	96.5	91.9	23.1	154	72	570	10
45	96.6	94.5	23.5				
50	97.3	95.3	24.0	122	49	40	10
55	97.5	95.4	24.4				
60	98.1	96.2	24.9	130	31	52	5
65	97.9	96.4	25.2				
70	98.0	96.6	25.6	130	23	76	5
75	98.0	96.7	26.1				
80	98.2	96.8	26.8	160	17	68	2
85	98.2	97.0	27.2				
90	98.4	97.0	27.5	162	14	64	1
95	98.3	97.0	27.9				
100	98.4	97.0	28.4	152	13	57	1
105	97.8	97.2	28.8				
110	98.2	97.1	29.2	162	12	50	1
115	98.0	96.9	29.4				
120	98.4	96.8	29.7	162	12	52	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,428 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 14.3 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 30 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 2 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 2,457 cm³

ตารางที่ 8.8 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	25.3	29.4	29.4				
5	66.1	28.6	29.4				
10	88.5	28.4	29.3				
15	91.7	40.0	29.2				
20	93.7	82.1	29.7	97	77		
25	95.2	87.1	29.0				
30	96.7	82.2	29.2	170	66	482	10
35	97.2	94.7	29.6				
40	97.5	95.6	30.2	172	45	254	7
45	97.9	96.2	30.8				
50	98.1	96.5	30.5	168	25	52	5
55	98.0	96.6	30.8				
60	98.3	96.6	31.1	146	20	82	3
65	98.3	97.0	30.7				
70	98.4	96.8	30.6	208	15	35	2
75	98.5	96.8	30.9				
80	98.5	96.9	31.5	210	12	82	4
85	98.2	96.6	32.0				
90	98.4	96.9	31.9	190	14	88	3
95	97.9	96.7	29.8				
100	98.5	97.0	29.5	198	13	54	1
105	98.3	96.9	30.1				
110	98.3	96.8	30.5	213	11	53	1
115	98.4	96.7	31.2				
120	98.1	96.9	32.1	212	13	64	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,984 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 18.0 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 25 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 2 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,230 cm³

ตารางที่ ก.9 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm^3)	Concentration (%v/v)	Volume (cm^3)	Concentration (%v/v)
0	20.9	20.6	23.0				
5	65.7	21.0	22.8				
10	88.9	21.1	22.8				
15	92.1	67.7	22.8				
20	95.1	84.1	24.1	128	75		
25	96.5	93.0	25.7				
30	97.5	94.9	26.7	268	57	152	5
35	97.7	96.1	28.0				
40	98.3	96.6	29.3	246	30	188	5
45	98.2	96.8	30.4				
50	98.1	97.0	31.6	226	19	148	3
55	98.0	97.0	32.6				
60	98.1	97.2	31.0	270	15	146	1
65	97.7	97.3	30.6				
70	98.2	97.1	31.6	272	14	166	0
75	98.0	97.1	32.4				
80	98.3	97.0	33.4	260	13	122	0
85	98.1	97.1	34.3				
90	98.2	97.0	32.1	262	13	47	0
95	98.1	97.4	30.6				
100	98.1	97.3	29.5	260	13	26	0
105	97.9	97.2	29.2				
110	98.1	97.1	29.9	256	12	40	0
115	97.9	97.2	30.9				
120	98.0	97.2	31.7	256	13	71	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,704 cm^3 อัตราการกลั่นเฉลี่ย 24.6 cm^3/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 23 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm^3 ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 2 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,810 cm^3

ตารางที่ ก.10 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	34.1	34.7	24.7				
5	59.9	34.2	24.5				
10	80.5	33.6	24.6				
15	91.0	33.0	24.5				
20	89.5	35.4	24.6				
25	92.0	45.7	24.5				
30	90.9	57.2	24.8				
35	90.5	67.7	24.6				
40	92.6	77.8	24.4				
45	93.9	83.2	22.7				
50	95.4	85.5	23.1	144	80		
55	96.1	87.0	23.5				
60	96.8	88.4	23.8	163	74	530	10
65	96.9	91.5	24.2				
70	97.5	93.6	24.6	134	66	520	10
75	97.6	94.3	25.0				
80	97.9	94.9	25.4	132	49	660	8
85	97.9	95.3	25.9				
90	97.7	95.5	26.2	128	40	880	5
95	98.0	95.7	26.6				
100	97.7	96.0	26.9	119	34	860	4
105	97.6	96.1	27.3				
110	97.7	96.3	27.5	117	28	106	3
115	97.8	96.4	28.0				
120	97.9	96.6	28.2	124	25	156	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,061 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.3 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 51 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 4,773 cm³

ตารางที่ ก.11 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	30.0	35.2	24.6				
5	67.9	34.2	24.7				
10	90.9	33.5	24.7				
15	91.4	43.7	24.7				
20	91.5	56.0	24.8				
25	91.1	75.1	24.1				
30	91.5	78.1	22.5				
35	92.7	83.9	22.7				
40	94.1	85.5	23.4	162	79		
45	95.3	87.4	24.0				
50	96.4	89.3	24.9	128	74	750	11
55	96.7	91.2	25.2				
60	96.7	92.3	25.4	190	65	520	10
65	96.9	94.7	26.4				
70	97.0	94.7	27.9	170	50	520	7
75	96.4	94.3	29.0				
80	95.9	94.6	30.1	150	43	530	6
85	96.6	95.0	31.2				
90	96.8	95.4	30.4	170	41	530	6
95	96.5	95.4	29.0				
100	96.7	95.5	29.0	158	38	430	5
105	97.0	95.4	29.7				
110	97.0	95.6	29.8	160	37	460	4
115	95.1	94.8	30.0				
120	96.3	94.0	30.3	146	40	1280	5

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,434 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 15.9 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 52 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 1,390 cm³ ความเข้มข้น 7 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 5 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 7,844 cm³

ตารางที่ ก.12 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	37.4	38.3	28.1				
5	70.1	37.4	28.3				
10	91.5	37.5	28.4				
15	88.8	62.4	28.6				
20	93.0	79.6	28.0				
25	93.4	83.2	29.6				
30	93.5	86.5	29.2	148	77		
35	95.0	89.9	27.1				
40	96.0	90.4	27.4	242	68	374	9
45	96.6	90.6	27.9				
50	97.5	92.4	28.8	142	64	360	8
55	98.1	93.1	29.6				
60	97.5	94.1	30.2	232	54	290	7
65	98.0	94.8	31.1				
70	98.0	95.5	31.7	228	45	320	5
75	98.0	95.7	30.4				
80	98.2	95.7	30.2	214	36	310	4
85	98.5	96.2	30.6				
90	98.3	96.4	31.5	202	32	280	3
95	98.2	96.5	32.1				
100	98.2	96.7	31.7	216	28	275	3
105	98.3	96.9	31.2				
110	98.3	96.9	31.7	206	26	280	3
115	98.2	97.1	32.3				
120	98.4	97.0	32.8	206	23	262	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,036 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 20.4 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 44 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 2,330 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 7,117 cm³

ตารางที่ ก.13 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	27.6	30.9	27.3				
5	64.0	30.0	26.7				
10	85.4	29.5	26.7				
15	90.2	29.0	26.6				
20	91.7	66.6	26.5				
25	93.3	81.9	27.1				
30	94.7	85.4	26.1	138	79		
35	95.8	88.8	26.4				
40	96.7	92.4	27.1	158	70	262	10
45	97.4	95.0	27.7				
50	97.5	95.4	27.8	138	49	166	7
55	97.9	96.4	28.5				
60	97.9	96.6	28.7	142	27	250	4
65	98.1	96.8	29.2				
70	97.9	96.8	29.5	138	18	74	3
75	97.9	96.8	29.8				
80	97.9	96.7	30.3	152	15	60	2
85	98.0	96.8	30.6				
90	97.9	96.8	31.0	148	15	47	2
95	97.6	96.9	31.4				
100	98.0	96.8	31.8	148	15	58	2
105	97.6	96.6	31.4				
110	98.1	97.0	30.3	142	15	50	2
115	98.2	97.2	29.3				
120	97.9	97.0	29.7	146	15	51	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,450 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 14.5 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 32 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 2,468 cm³

ตารางที่ ก.14 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	21.3	21.1	21.1				
5	60.9	21.1	21.1				
10	86.9	21.1	21.1				
15	90.5	22.8	21.1				
20	92.7	76.1	21.1				
25	94.4	85.4	21.1				
30	95.9	89.7	22.7	222	75		
35	96.5	92.8	23.6				
40	97.3	94.8	24.8	180	58	590	8
45	97.7	96.3	25.5				
50	98.1	96.8	26.4	186	33	214	5
55	98.2	97.1	27.5				
60	98.1	97.1	28.3	184	19	68	2
65	98.2	97.2	29.3				
70	98.5	97.3	30.1	190	16	66	3
75	98.1	97.2	28.6				
80	98.4	97.2	27.6	196	15	62	1
85	98.3	97.3	28.4				
90	98.3	97.4	29.3	204	13	61	2
95	99.1	97.9	30.1				
100	98.8	97.8	30.7	202	10	53	1
105	96.2	92.8	30.4				
110	96.8	95.6	31.3	136	25	78	0
115	97.9	96.4	32.0				
120	97.6	95.7	33.0	182	31	122	2

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,882 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 18.8 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 30 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 198 cm³ ความเข้มข้น 1 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 1 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,394 cm³

ตารางที่ ก.15 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	27.5	36.9	29.6				
5	68.2	35.5	29.6				
10	88.7	34.6	29.4				
15	91.3	68.1	27.3				
20	89.9	78.7	27.6				
25	88.4	81.8	26.9				
30	89.4	85.2	26.9	114	73	798	12
35	92.6	87.3	27.2				
40	93.9	89.3	27.6	136	72	900	10
45	91.5	89.7	28.0				
50	94.8	92.0	28.7	200	65	850	12
55	95.6	93.2	29.4				
60	96.8	94.5	30.2	232	55	760	11
65	97.5	95.5	31.0				
70	97.5	95.9	28.8	240	42	725	9
75	98.2	96.4	28.4				
80	98.4	96.7	29.3	218	30	710	7
85	98.2	97.0	30.1				
90	98.0	97.2	30.8	204	24	545	4
95	98.0	97.3	31.7				
100	98.5	97.2	30.3	234	18	75	4
105	98.0	97.3	29.6				
110	98.1	97.3	30.3	250	15	81	3
115	98.0	97.4	30.8				
120	98.4	97.4	32.0	275	14	80	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,103 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 21.0 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 37 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 7,627 cm³

ตารางที่ ก.16 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	22.2	20.9	21.0				
5	55.4	21.3	21.0				
10	75.7	21.4	21.1				
15	91.0	21.5	20.9				
20	92.7	26.5	20.9				
25	94.4	72.8	20.8				
30	95.4	82.5	21.3	60	78		
35	96.9	87.4	20.9				
40	97.4	91.8	21.4	146	74	600	11
45	97.0	88.8	21.1				
50	97.4	94.4	21.9	91	55	310	6
55	98.0	95.8	22.5				
60	98.0	96.8	23.3	139	38	40	10
65	99.1	97.5	23.7				
70	99.4	97.5	24.1	134	18	61	4
75	99.7	98.1	24.8				
80	99.7	98.2	25.1	150	8	74	4
85	99.7	98.3	25.8				
90	99.8	98.4	26.3	146	3	64	1
95	99.9	98.4	27.0				
100	100.0	98.5	27.6	150	1	61	0
105	99.9	98.5	28.0				
110	99.9	98.5	28.5	52	1	89	0
115	99.8	98.4	28.9				
120	98.7	98.4	29.3	66	3	103	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,134 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 11.3 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 27 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 1 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 2,536 cm³

ตารางที่ ก.17 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	39.1	38.5	26.0				
5	67.5	36.7	26.2				
10	90.6	35.9	26.2				
15	93.1	60.1	26.3				
20	95.5	86.3	26.3				
25	97.6	92.3	25.9				
30	98.8	95.4	26.1	297	65		
35	99.4	97.0	26.6				
40	99.8	98.0	27.2	176	25	740	4
45	99.9	98.2	27.9				
50	100.0	98.4	28.6	170	4	76	1
55	99.8	98.4	29.3				
60	99.9	98.3	30.0	188	0	55	0
65	88.5	91.8	29.6				
70	94.4	92.2	29.6	54	10	12	0
75	96.5	94.0	30.5				
80	98.0	96.0	30.5	228	46	408	3
85	98.8	96.9	30.7				
90	99.5	98.0	29.6	214	21	37	4
95	99.5	98.3	28.8				
100	99.7	98.4	29.6	220	4	62	0
105	99.7	98.5	30.2				
110	99.5	98.5	31.1	208	0	47	0
115	99.7	98.6	31.7				
120	100.0	98.5	32.5	84	0	85	0

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,839 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 18.4 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 22 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,361 cm³

ตารางที่ ก.18 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	42.2	41.3	26.0				
5	74.0	38.2	26.0				
10	93.3	37.6	25.9				
15	94.7	38.5	26.1				
20	97.2	92.1	26.2	156	73		
25	98.4	95.6	27.0				
30	99.7	97.1	28.9	242	42	800	5
35	99.9	98.2	30.0				
40	99.9	98.1	30.4	266	5	92	0
45	99.7	98.3	32.1				
50	100.0	96.8	28.2	252	1	63	0
55	94.8	92.2	27.7				
60	96.6	93.6	29.2	118	43	386	3
65	98.1	96.1	29.7				
70	99.3	97.5	30.6	140	37	96	2
75	99.7	98.0	31.4				
80	100.0	98.4	32.2	290	6	82	1
85	99.9	98.4	30.2				
90	99.9	98.5	28.6	230	0	59	0
95	100.0	98.5	29.1				
100	91.0	97.1	29.7	92	0	73	0
105	94.6	93.1	29.5				
110	97.0	94.4	30.7	156	44	345	3
115	98.4	96.4	31.5				
120	99.1	97.6	32.7	262	30	184	2

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,204 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 20.0 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 23 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 4,384 cm³

ตารางที่ ก.19 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	19.7	19.5	19.7				
5	55.5	20.0	19.5				
10	76.9	20.0	19.6				
15	91.8	20.1	19.7				
20	92.1	26.3	19.8				
25	93.8	76.1	20.0				
30	94.2	75.4	20.0				
35	95.0	84.2	19.4				
40	96.0	86.3	20.0	154	79		
45	96.7	88.8	20.2				
50	97.1	91.7	20.8	144	70	670	7
55	97.6	93.5	21.2				
60	98.0	95.7	21.7	112	55	540	7
65	98.1	96.4	22.2				
70	98.3	96.7	22.7	134	31	54	4
75	98.5	96.9	23.3				
80	98.6	97.1	23.8	136	20	58	1
85	98.6	97.1	24.2				
90	98.7	97.2	24.6	134	17	68	0
95	98.6	97.2	25.2				
100	98.7	97.3	25.8	154	14	58	0
105	98.7	97.3	26.2				
110	98.6	97.2	26.7	150	12	45	0
115	98.6	97.3	27.0				
120	98.5	97.2	27.4	160	13	50	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,278 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 14.2 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 34 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 2,821 cm³

ตารางที่ ก.20 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	30.9	32.4	25.8				
5	64.7	31.8	26.0				
10	89.6	31.1	25.8				
15	90.2	33.0	25.6				
20	91.7	52.1	25.7				
25	90.6	68.7	25.7				
30	92.7	79.9	26.0				
35	93.3	84.3	24.8				
40	94.9	86.8	25.3	152	76		
45	96.4	88.3	26.2				
50	97.4	89.6	26.8	248	70	341	6
55	98.0	91.7	27.4				
60	98.3	93.5	28.5	210	61	298	7
65	98.6	94.9	28.9				
70	98.0	95.8	29.5	170	45	266	5
75	98.0	96.0	29.9				
80	98.1	96.2	30.7	164	32	260	3
85	97.5	96.0	31.1				
90	97.8	96.1	31.2	156	32	349	4
95	97.4	95.8	26.8				
100	97.1	95.2	27.3	131	35	394	4
105	97.0	95.1	27.8				
110	96.7	94.5	28.1	129	39	400	3
115	97.3	95.3	29.0				
120	97.2	95.0	29.3	154	41	378	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,514 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 16.8 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 50 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 2,430 cm³ ความเข้มข้น 2 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 2 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 6,630 cm³

ตารางที่ ก.21 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	32.9	35.0	25.5				
5	71.4	34.6	25.6				
10	91.9	34.3	25.5				
15	93.5	80.2	25.2				
20	93.6	83.6	25.0	66	79		
25	90.4	86.1	25.0				
30	94.1	88.4	25.3	102	74		
35	94.7	89.7	25.9				
40	97.0	91.6	27.1	216	67	328	9
45	98.2	93.6	28.1				
50	98.7	95.1	28.9	256	54	188	6
55	98.6	96.4	29.8				
60	98.7	96.8	30.5	200	34	187	5
65	98.9	97.1	32.0				
70	99.0	97.3	31.6	222	24	182	5
75	98.8	97.3	31.1				
80	98.6	97.2	32.3	258	16	214	4
85	95.5	93.7	29.8				
90	97.3	95.4	28.1	158	36	226	4
95	98.4	96.5	28.7				
100	98.8	97.1	29.3	224	29	226	4
105	90.9	93.5	29.9				
110	97.2	95.5	30.3	192	22	222	3
115	98.3	96.7	31.2				
120	95.9	93.8	31.5	216	26	212	2

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,110 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 19.2 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 38 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 1,730 cm³ ความเข้มข้น 1 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 2 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 5,825 cm³

ตารางที่ ก.22 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	17.3	15.5	19.9				
5	52.5	15.5	20.0				
10	75.1	15.5	20.4				
15	89.9	15.6	20.3				
20	91.2	22.0	20.5				
25	93.5	76.2	20.4				
30	95.1	80.5	21.2				
35	96.6	81.2	21.7				
40	97.7	82.2	22.7	108	79		
45	98.3	82.3	23.1				
50	98.8	86.5	23.7	122	79	280	6
55	99.0	88.8	24.5				
60	99.1	93.0	25.1	82	71	300	7
65	99.0	95.3	26.1				
70	99.0	95.7	26.3	73	49	470	3
75	99.0	96.3	26.8				
80	99.0	96.5	27.2	61	31	318	1
85	98.8	96.6	27.3				
90	98.3	96.7	27.7	53	26	120	0
95	98.3	96.2	28.3				
100	98.4	96.6	28.5	67	29	126	0
105	98.8	96.6	29.1				
110	99.0	97.2	29.3	66	26	132	0
115	98.1	96.1	29.5				
120	98.3	96.1	29.9	62	27	190	0

เอทานอลที่กลั่นได้ 694 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 7.7 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 52 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 4 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 2,630 cm³

ตารางที่ ก.23 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	25.0	46.5	25.0				
5	63.3	44.9	25.1				
10	88.3	43.5	25.3				
15	91.1	57.9	24.5				
20	93.3	81.6	26.3				
25	95.4	82.4	27.6				
30	96.9	83.9	27.6	162	78	350	8
35	97.9	86.7	27.3				
40	98.4	89.7	27.9	130	76	580	7
45	98.6	92.8	28.5				
50	98.7	95.5	29.1	70	66	176	2
55	98.7	93.5	30.0				
60	98.8	91.8	30.7	30	57	200	1
65	98.7	95.2	31.4				
70	98.5	95.6	31.7	62	53	184	0
75	98.4	96.5	32.7				
80	98.3	96.4	32.8	57	45	198	0
85	98.6	96.2	33.6				
90	98.6	96.2	34.0	62	39	178	0
95	98.3	95.6	31.4				
100	98.4	96.2	30.5	67	39	186	0
105	98.3	96.2	31.0				
110	98.3	96.5	32.0	87	36	186	0
115	98.3	96.7	32.8				
120	97.9	96.6	32.9	89	30	152	0

เอทานอลที่กลั่นได้ 816 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 8.2 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 56 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 4 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,206 cm³

ตารางที่ ก.24 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	18.0	18.4	19.6				
5	67.4	18.5	19.4				
10	90.1	18.8	19.4				
15	92.4	67.2	19.1				
20	93.6	75.1	19.0				
25	90.1	79.9	19.0				
30	92.6	80.5	19.2				
35	90.6	78.9	19.1				
40	92.4	82.3	22.2	72	76	2030	9
45	93.5	82.1	25.8				
50	95.4	84.8	24.7	164	78	600	10
55	96.7	86.9	22.1				
60	97.4	89.4	23.2	202	73	580	7
65	97.8	92.0	24.4				
70	98.0	94.2	25.2	154	61	620	6
75	98.2	95.2	26.5				
80	98.4	95.7	27.3	154	42	580	5
85	98.4	95.7	28.2				
90	98.2	95.0	28.4	131	32	550	3
95	98.4	95.4	26.2				
100	98.3	96.0	26.6	98	37	580	2
105	98.3	95.9	27.3				
110	98.3	96.0	28.2	104	29	400	1
115	98.3	96.0	28.8				
120	98.2	96.0	30.0	118	30	340	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,197 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.3 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 53 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 7,477 cm³

ตารางที่ ก.25 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	18.4	18.5	17.3				
5	52.7	18.5	17.1				
10	74.0	18.4	17.3				
15	89.0	18.5	17.3				
20	91.3	23.0	17.5				
25	93.0	67.9	17.3				
30	95.2	82.6	17.2	60	72		
35	96.4	87.9	17.7				
40	97.8	93.5	17.9	160	71	540	12
45	98.5	95.9	18.5				
50	98.9	97.0	19.0	124	38	57	6
55	99.1	97.4	19.4				
60	99.3	97.6	20.1	130	13	65	3
65	99.2	97.7	20.5				
70	95.5	96.2	20.7	110	6	52	3
75	93.3	88.0	20.3				
80	95.1	92.2	20.6	40	24	342	3
85	96.5	93.6	21.2				
90	97.6	95.2	22.0	140	48	42	7
95	98.2	96.2	22.2				
100	98.8	97.0	22.7	118	30	75	4
105	99.3	97.6	23.2				
110	99.3	98.0	23.6	148	11	74	1
115	99.3	98.0	24.2				
120	99.8	98.1	24.8	160	4	77	0

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,190 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 11.9 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 30 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 2,514 cm³

ตารางที่ ก.26 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	24.2	32.5	25.1				
5	59.2	31.4	24.7				
10	85.7	31.1	24.7				
15	90.6	33.7	24.6				
20	93.4	83.9	24.6				
25	95.8	89.6	24.3				
30	97.6	93.4	24.8	248	69		
35	98.5	95.8	25.2				
40	99.0	97.4	26	178	39	760	7
45	99.1	97.9	26.5				
50	99.2	98.0	27.1	188	12	44	2
55	99.0	98.0	27.6				
60	98.1	97.4	28	172	8	65	1
65	98.1	97.2	26.6				
70	98.1	97.3	29.4	198	14	60	1
75	98.1	97.4	30				
80	98.3	97.3	28.8	204	13	53	1
85	98.3	97.4	25.2				
90	98.0	97.3	26.1	186	12	44	1
95	98.0	97.2	26.3				
100	98.7	97.6	26.7	214	12	50	0
105	98.6	97.5	27.7				
110	98.1	97.2	28.4	182	10	41	0
115	97.8	97.1	29				
120	98.2	97.2	29.1	218	14	50	1

เอทานอลที่กลั่นได้ 1,988 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 19.9 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 22 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3,155 cm³

ตารางที่ ก.27 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm (I.D.) สูง 1.0 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,200 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	26.3	35.5	23.4				
5	65.7	35.2	23.3				
10	90.8	35.9	22.8				
15	92.6	81.2	22.7				
20	95.8	89.9	22.1	132	72		
25	97.9	94.2	23.2				
30	98.8	96.1	24.1	260	50	540	8
35	98.9	97.4	24.9				
40	98.9	97.5	25.1	204	8	340	5
45	98.3	97.6	26.0				
50	98.0	97.1	27.1	230	10	65	2
55	98.4	97.1	27.8				
60	98.0	97.1	28.4	240	12	77	3
65	98.6	97.3	29.0				
70	97.9	96.9	29.7	218	12	60	5
75	98.4	96.8	25.1				
80	98.6	97.1	25.3	270	12	56	4
85	98.6	97.2	25.7				
90	98.6	96.8	25.8	190	9	68	5
95	98.6	96.3	26.9				
100	98.6	97.2	27.6	256	15	54	4
105	98.1	97.0	28.5				
110	97.9	96.8	29.0	238	8	40	1
115	97.8	96.8	29.9				
120	98.5	97.3	30.4	240	15	44	5

เอทานอลที่กลั่นได้ 2.478 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 24.8 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 19 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 0 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 3.822 cm³

ตารางที่ ก.28 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	19.5	18.7	20.4				
5	53.4	18.7	20.5				
10	74.0	18.6	20.3				
15	89.5	18.7	20.3				
20	90.0	20.8	20.5				
25	91.3	40.0	20.5				
30	92.1	60.0	20.6				
35	92.9	75.9	20.6				
40	93.3	81.6	19.1	32	79		
45	94.0	83.6	19.2				
50	95.0	85.9	19.7	128	79	1010	11
55	95.2	87.9	20.0				
60	95.8	89.9	20.4	126	73	1190	10
65	96.2	91.3	20.8				
70	96.2	93.0	21.2	104	63	680	6
75	96.3	94.0	21.4				
80	96.3	94.3	21.8	108	51	370	4
85	96.3	94.6	21.9				
90	96.7	94.7	22.3	108	45	355	4
95	96.5	94.8	22.7				
100	96.7	94.9	23.0	104	41	330	3
105	96.7	95.0	23.3				
110	96.7	95.2	23.7	106	39	330	3
115	96.6	95.2	24.0				
120	96.7	95.3	24.2	104	38	320	3

ตารางที่ ก.28 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	96.8	95.2	24.6				
130	96.9	95.2	24.9	98	38	315	3
135	96.9	95.2	25.2				
140	96.8	95.2	25.7	102	38	340	3
145	96.9	95.2	25.8				
150	96.8	95.3	26.3	110	38	330	3
155	96.9	95.4	26.4				
160	96.9	95.5	26.9	104	38	340	3
165	96.5	95.1	27.1				
170	96.7	95.3	27.6	108	38	365	3
175	96.4	95.0	27.7				
180	96.5	94.9	28.0	98	40	472	3
185	96.3	94.7	28.3				
190	96.4	94.7	28.5	100	43	380	3
195	96.4	94.7	28.8				
200	96.6	94.9	29.1	116	43	355	3
205	96.7	94.7	29.4				
210	97.0	95.1	25.3	94	43	293	4
215	97.0	95.1	25.5				
220	97.1	95.1	26.0	95	41	316	3
225	97.0	95.2	26.1				
230	96.9	95.2	26.6	98	40	340	3
235	97.0	95.3	26.8				
240	96.8	95.1	27.2	100	40	350	3

ตารางที่ ก.28 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	96.9	95.1	27.5				
250	97.0	95.1	27.7	104	40	360	4
255	96.9	95.1	28.1				
260	96.9	95.3	28.4	96	41	290	3
265	97.0	95.3	28.6				
270	97.0	95.1	29.2	105	40	330	3
275	97.1	95.3	29.3				
280	96.9	95.2	28.2	103	40	350	3
285	96.8	95.1	28.4				
290	97.0	95.1	28.8	99	41	390	4
295	96.9	95.0	29.0				
300	96.6	95.0	29.3	100	42	390	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,750 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 10.2 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 45 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 3 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 13,641 cm³

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตารางที่ ก.29 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	19.8	19.0	21.8				
5	58.9	18.9	21.8				
10	83.7	19.0	21.5				
15	89.9	20.3	21.5				
20	89.8	32.0	21.4				
25	89.9	52.7	21.5				
30	90.0	75.1	21.6				
35	91.9	82.7	20.0				
40	92.7	83.4	19.8	74	81	940	10
45	92.4	83.8	19.9				
50	93.4	85.1	20.4	91	76	980	10
55	92.9	86.6	20.7				
60	94.1	88.4	21.2	134	73	1080	10
65	93.4	88.7	21.1				
70	94.2	90.3	21.6	113	69	1186	9
75	94.1	91.2	22.0				
80	94.8	92.3	22.6	138	64	995	8
85	94.6	91.4	22.7				
90	94.8	92.5	23.2	116	59	945	8
95	94.9	93.3	23.8				
100	95.3	93.5	24.1	132	55	910	6
105	91.9	92.8	24.5				
110	95.2	93.1	24.7	112	54	940	5
115	94.5	93.7	25.1				
120	96.0	94.1	25.8	154	51	920	5

ตารางที่ ก.29 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	94.9	93.5	25.6				
130	96.0	93.7	26.3	120	49	690	5
135	95.0	93.4	26.6				
140	94.9	92.2	26.7	108	50	740	5
145	94.0	92.5	27.0				
150	95.6	93.1	27.4	122	53	755	5
155	95.8	93.6	28.0				
160	95.6	94.3	28.3	148	50	380	5
165	95.5	94.5	28.8				
170	95.8	94.5	25.5	134	45	530	5
175	95.4	94.5	24.7				
180	95.1	92.7	25.0	100	46	685	5
185	95.3	93.2	25.5				
190	93.9	92.3	25.8	122	51	715	5
195	95.1	93.2	26.1				
200	95.4	93.9	26.8	146	52	580	5
205	95.2	94.2	27.1				
210	95.6	93.9	27.3	132	48	710	5
215	95.9	94.1	27.7				
220	95.5	93.6	28.1	148	48	550	5
225	95.9	93.6	28.4				
230	95.3	93.2	28.8	104	49	690	5
235	95.9	93.6	29.1				
240	94.2	93.1	29.2	112	50	720	5

ตารางที่ ก.29 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	95.1	93.5	29.7				
250	95.2	93.5	29.8	138	53	580	5
255	95.2	93.5	28.0				
260	95.6	93.9	26.9	138	52	790	5
265	95.1	93.6	27.1				
270	95.8	93.8	27.7	130	49	470	5
275	95.3	94.1	28.1				
280	95.6	94.3	28.5	148	48	350	5
285	95.9	94.2	29.3				
290	96.2	94.9	29.6	148	44	330	4
295	96.4	95.2	30.1				
300	96.6	95.3	30.4	152	40	345	4

เอทานอลที่กลั่นได้ 3.414 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.6 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 53 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 4 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 22,920 cm³

ตารางที่ ก.30 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	19.5	18.7	22.4				
5	59.8	18.9	22.0				
10	85.0	19.0	22.2				
15	87.6	20.1	22.3				
20	91.6	31.7	22.3				
25	92.1	47.2	22.0				
30	90.0	66.5	20.0				
35	92.3	76.0	21.8				
40	93.9	83.4	19.8	63	77	334	9
45	94.5	85.8	20.3				
50	95.0	89.0	20.7	168	74	1650	10
55	94.5	87.9	20.7				
60	94.8	90.6	21.3	109	68	1608	8
65	95.6	92.7	21.8				
70	96.2	93.4	22.2	156	59	1380	6
75	96.1	94.3	23.0				
80	95.5	93.9	23.4	110	50	750	4
85	93.5	89.9	22.7				
90	95.0	92.1	23.2	59	52	786	5
95	94.7	92.9	23.5				
100	95.9	93.2	24.0	133	55	620	5
105	96.3	94.2	24.5				
110	96.2	94.4	24.9	146	50	440	4
115	96.7	94.6	25.5				
120	96.7	95.2	26.0	144	44	420	5

ตารางที่ ก.30 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	96.9	95.1	26.4				
130	97.4	95.3	27.0	138	40	465	3
135	97.1	95.6	27.5				
140	97.1	95.6	27.8	156	38	330	4
145	97.1	95.6	28.3				
150	97.5	95.8	28.9	154	36	349	3
155	96.5	95.6	29.3				
160	97.2	95.7	30.0	142	35	440	3
165	97.1	95.7	30.2				
170	97.3	95.8	29.7	158	36	410	2
175	97.2	95.9	27.3				
180	96.6	95.7	26.9	148	33	360	2
185	96.9	95.3	27.5				
190	97.1	95.5	27.9	138	37	404	3
195	96.8	95.5	28.2				
200	97.1	95.5	27.7	135	36	458	2
205	96.7	95.1	25.9				
210	97.0	95.0	25.8	134	38	490	3
215	97.1	95.2	26.3				
220	97.3	95.4	26.7	140	38	320	3
225	96.9	95.4	26.8				
230	97.5	95.6	27.5	130	36	368	2
235	96.9	95.5	28.0				
240	97.3	95.7	28.4	140	35	340	2

ตารางที่ ก.30 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	96.8	95.8	28.8				
250	97.0	95.6	29.2	156	34	360	2
255	96.4	95.2	29.5				
260	96.9	95.1	29.1	130	36	350	3
265	96.1	95.1	28.2				
270	96.7	95.2	28.2	130	40	414	4
275	96.8	95.3	28.6				
280	97.0	95.4	29.0	146	39	376	3
285	96.8	95.5	29.5				
290	96.5	95.2	29.8	142	37	519	3
295	95.8	94.8	30.1				
300	96.3	94.4	30.5	148	40	650	5

เอทานอลที่กลั่นได้ 3,653 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.5 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 43 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 5 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 19,044 cm³

ตารางที่ ก.31 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้า โดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	17.7	17.5	17.3				
5	51.1	17.7	17.3				
10	73.1	17.9	17.3				
15	89.9	18.0	17.6				
20	90.5	19.8	17.2				
25	89.4	28.4	17.3				
30	91.0	41.7	17.0				
35	91.8	51.9	16.9				
40	91.5	64.6	17.5				
45	92.0	79.5	16.8				
50	94.2	83.1	16.2	76	76		
55	94.5	85.1	16.5				
60	95.1	87.0	16.9	136	73	1010	10
65	95.0	89.0	17.0				
70	95.6	90.9	17.4	122	70	1020	10
75	94.9	91.8	17.5				
80	95.3	92.1	17.9	108	61	866	8
85	95.7	92.9	18.3				
90	95.9	93.3	18.7	96	55	770	6
95	95.5	93.2	18.8				
100	96.3	93.7	19.4	102	51	728	4
105	95.6	93.8	19.6				
110	95.8	93.8	20.3	98	48	680	4
115	95.9	94.1	20.8				
120	96.2	94.7	21.1	110	45	530	5

ตารางที่ ก.31 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm^3)	Concentration (%v/v)	Volume (cm^3)	Concentration (%v/v)
125	95.3	94.1	21.3				
130	96.2	94.2	21.5	97	43	504	4
135	96.1	94.2	22.1				
140	96.2	94.5	22.4	110	43	355	5
145	95.6	94.0	22.5				
150	95.8	94.3	23.0	96	44	580	4
155	95.4	93.8	23.2				
160	95.3	94.0	23.8	90	46	495	4
165	96.0	94.0	24.1				
170	95.9	94.0	24.3	96	47	386	4
175	95.6	94.2	24.5				
180	96.0	94.5	24.9	116	45	358	4
185	96.1	94.5	25.3				
190	96.1	94.8	25.7	112	42	303	4
195	96.2	94.9	25.6				
200	96.3	94.7	25.9	114	39	330	3
205	96.3	94.8	26.6				
210	96.1	94.8	26.7	108	40	376	3
215	96.5	94.8	27.1				
220	95.9	94.8	27.2	112	39	350	4
225	96.0	94.9	27.5				
230	96.3	94.6	27.7	106	40	394	4
235	96.1	94.7	27.8				
240	96.1	94.8	28.1	114	40	410	4

ตารางที่ ก.31 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	96.2	94.9	28.6				
250	96.3	94.8	28.3	116	38	320	3
255	96.1	94.7	28.5				
260	96.5	94.6	29.2	114	39	382	4
265	96.4	95.0	29.5				
270	96.3	94.9	25.3	114	39	372	4
275	96.6	95.1	25.5				
280	96.6	94.5	25.9	104	39	406	4
285	96.6	94.6	26.4				
290	96.6	94.5	26.8	102	44	380	4
295	96.6	94.7	26.7				
300	96.4	94.7	26.8	114	43	390	4

เอทานอลที่กลั่นได้ 2.783 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 10.7 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 47 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 3 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 15,478 cm³

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตารางที่ ก.32 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้า โดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	17.3	16.2	18.1				
5	55.7	16.4	18.0				
10	80.7	15.9	17.9				
15	89.6	15.7	17.2				
20	89.7	22.2	17.6				
25	88.5	37.6	18.0				
30	91.1	50.9	18.2				
35	92.2	60.1	17.6				
40	92.0	68.0	18.1				
45	92.1	83.3	16.8				
50	93.6	84.7	16.7	117	75	787	10
55	94.5	85.3	17.3				
60	95.0	86.8	17.9	152	73	1100	10
65	95.5	88.4	18.4				
70	95.5	89.9	19.0	162	70	1000	8
75	95.9	91.4	19.4				
80	95.6	93.1	19.5	146	61	1010	8
85	95.3	93.3	20.4				
90	95.9	93.6	20.5	140	51	950	6
95	95.6	93.5	21.1				
100	95.3	93.3	21.3	124	49	930	5
105	95.1	93.2	21.2				
110	95.5	93.4	22.0	125	49	910	5
115	95.3	93.2	22.0				
120	95.1	93.5	22.7	112	47	900	4

ตารางที่ ก.32 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	95.2	93.3	22.6				
130	95.2	93.2	23.3	132	48	840	4
135	95.2	93.2	23.7				
140	95.3	93.4	23.9	122	49	820	4
145	95.3	93.7	24.2				
150	94.9	94.1	25.1	124	48	700	4
155	95.1	93.7	25.4				
160	95.3	94.0	25.5	140	48	650	3
165	95.5	93.9	26.3				
170	95.6	93.9	26.7	138	45	810	5
175	92.1	93.3	26.7				
180	95.5	93.2	26.9	132	48	820	3
185	95.1	93.2	27.0				
190	95.5	93.4	27.3	128	50	630	5
195	95.3	93.5	27.7				
200	95.3	93.5	28.0	126	49	660	5
205	95.6	93.8	28.6				
210	95.3	93.7	28.8	132	47	660	4
215	96.2	94.1	29.1				
220	95.6	93.8	24.6	130	47	630	4
225	95.5	93.9	24.7				
230	95.3	94.0	24.9	136	46	620	4
235	95.4	94.0	25.4				
240	95.4	94.0	25.7	134	46	610	3

ตารางที่ ก.32 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	95.4	93.8	26.2				
250	95.3	93.8	26.7	126	46	610	3
255	95.6	93.7	26.7				
260	95.5	94.0	26.8	132	47	570	4
265	95.7	93.8	27.6				
270	95.6	94.1	27.9	140	45	600	3
275	95.6	93.9	28.2				
280	95.6	94.1	28.9	140	46	580	4
285	95.5	94.1	29.3				
290	95.5	94.2	29.6	142	45	580	3
295	95.1	93.9	29.7				
300	95.6	93.9	30.3	130	45	590	4

เอทานอลที่กลั่นได้ 3,462 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.3 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 51 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 4 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 23,029 cm³

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตารางที่ ก.33 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	17.0	17.0	15.0				
5	56.3	16.7	14.8				
10	81.2	16.9	14.6				
15	90.0	16.9	14.5				
20	90.5	24.1	14.6				
25	90.2	47.0	14.9				
30	92.5	59.1	14.9				
35	92.2	71.0	14.5				
40	92.4	79.4	14.4				
45	93.9	84.2	14.2				
50	94.8	86.5	14.7	164	78	1060	10
55	95.7	89.3	14.9				
60	96.0	91.9	15.6	158	68	1010	8
65	96.0	93.2	16.1				
70	96.5	93.8	16.3	142	53	930	7
75	96.2	93.9	17.1				
80	96.0	93.9	17.7	120	47	870	6
85	96.2	94.8	17.6				
90	96.7	94.6	19.3	132	44	810	5
95	96.7	95.1	20.0				
100	97.1	95.2	20.3	138	37	770	4
105	96.9	94.8	20.9				
110	96.4	94.7	21.3	112	38	710	4
115	96.5	94.9	21.9				
120	96.3	94.8	22.4	122	40	496	3

ตารางที่ ก.33 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	96.6	94.8	22.8				
130	96.6	95.2	23.3	126	40	370	3
135	96.3	95.4	23.4				
140	96.7	95.5	23.4	120	38	400	1
145	96.2	95.4	24.0				
150	96.2	95.7	24.4	123	36	400	2
155	96.5	95.7	25.3				
160	96.8	95.6	25.6	130	35	356	1
165	96.0	95.0	25.9				
170	96.0	94.4	26.3	110	33	430	1
175	95.8	94.7	26.9				
180	96.1	94.7	27.0	138	43	464	2
185	96.0	94.3	27.6				
190	96.4	94.5	28.0	110	43	520	2
195	96.6	95.2	28.3				
200	96.3	95.1	28.7	118	40	356	2
205	95.8	94.5	25.5				
210	96.5	94.4	23.0	116	42	596	3
215	96.4	94.6	22.5				
220	96.6	94.7	22.8	120	42	450	3
225	96.4	94.4	23.0				
230	96.7	94.4	23.5	119	43	480	3
235	96.6	94.6	24.0				
240	96.4	94.8	24.5	128	41	446	2

ตารางที่ ก.33 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	96.8	95.0	25.4				
250	96.4	94.6	25.8	128	39	460	3
255	96.6	94.9	26.8				
260	96.7	94.8	27.8	136	41	560	3
265	96.7	95.2	28.1				
270	96.9	95.2	28.3	138	40	330	3
275	96.5	94.8	26.7				
280	96.0	94.4	25.5	124	43	570	1
285	96.5	94.6	25.7				
290	96.7	94.5	26.0	128	42	470	3
295	96.3	94.7	26.4				
300	96.3	94.7	27.0	132	42	590	3

เอทานอลที่กลั่นได้ 3,332 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.8 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 44 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 0 cm³ ความเข้มข้น 0 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 5 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 20,736 cm³

ตารางที่ ก.34 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	18.4	17.7	17.1				
5	50.8	18.4	16.9				
10	74.1	18.6	16.7				
15	82.9	18.8	16.8				
20	83.2	23.5	16.9				
25	79.2	38.0	16.8				
30	81.5	42.0	16.8				
35	83.1	50.6	16.9				
40	83.3	68.1	17.1				
45	83.9	76.0	17.2				
50	83.0	78.3	17.1	75	88		
55	82.8	79.5	16.4				
60	83.1	79.5	16.6	108	86		
65	84.2	79.0	16.7				
70	82.9	79.3	17.2	138	86	1140	41
75	83.1	80.0	17.6				
80	83.7	79.6	17.8	110	85	1070	40
85	83.6	78.6	18.0				
90	83.3	79.6	18.3	116	84	1070	40
95	83.8	79.0	18.6				
100	83.3	79.5	18.8	106	85	1040	40
105	83.4	79.7	19.4				
110	84.1	79.2	19.8	132	84	1000	39
115	83.1	79.9	18.9				
120	83.7	79.6	19.3	116	85	1040	39

ตารางที่ ก.34 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	83.3	79.9	20.3				
130	83.9	79.2	20.2	124	85	1000	38
135	83.5	80.0	20.4				
140	82.8	79.9	21.0	126	85	1000	38
145	82.5	79.7	20.0				
150	83.2	79.8	20.5	120	86	960	38
155	82.9	79.3	21.3				
160	82.5	79.7	21.6	116	85	930	37
165	83.5	78.6	21.6				
170	82.8	79.3	22.1	120	85	960	37
175	82.7	79.7	22.0				
180	83.2	79.8	21.8	108	86	960	38
185	83.5	79.0	22.0				
190	82.9	78.4	22.3	112	85	950	38
195	82.3	78.7	22.5				
200	82.7	79.3	22.9	113	85	1020	38
205	80.8	79.2	23.0				
210	82.6	79.3	22.6	124	85	1120	38
215	82.9	78.7	22.1				
220	83.0	79.0	22.3	110	86	1050	37
225	83.3	79.4	23.6				
230	83.4	79.0	23.8	106	85	960	37
235	83.3	78.2	23.9				
240	82.8	79.3	24.1	113	85	910	37

ตารางที่ ก.34 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	83.3	78.8	23.9				
250	81.2	79.2	24.3	110	86	900	37
255	83.3	79.1	24.1				
260	83.5	79.0	24.5	100	86	880	37
265	82.0	79.1	24.5				
270	83.0	79.6	24.4	124	86	880	37
275	83.6	78.2	24.0				
280	82.0	79.3	25.0	110	86	830	37
285	83.0	79.8	25.5				
290	83.6	78.9	25.5	116	86	820	37
295	83.1	79.9	26.1				
300	83.6	80.0	26.1	154	86	830	37

เอทานอลที่กลั่นได้ 3,007 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 11.6 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 85 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 5,090 cm³ ความเข้มข้น 35 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 32 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 31,417 cm³

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ก.35 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	21.7	20.5	21.6				
5	59.2	20.4	21.4				
10	82.4	20.4	21.4				
15	82.7	24.5	21.6				
20	83.2	37.7	21.3				
25	79.9	59.7	20.8				
30	82.5	74.6	21.0				
35	83.9	76.9	20.3				
40	84.1	78.3	20.4	102	86		
45	84.5	79.0	20.4				
50	84.6	79.6	21.1	200	85		
55	82.7	80.2	21.6				
60	83.4	80.7	21.5	242	84	900	38
65	84.0	80.5	21.9				
70	84.6	80.1	22.2	210	84	760	38
75	83.0	80.7	22.7				
80	84.2	80.8	22.8	228	84	950	37
85	84.1	80.5	23.3				
90	84.6	80.4	23.8	204	84	1180	36
95	85.3	80.3	24.1				
100	85.5	80.1	24.3	202	84	1000	35
105	84.3	81.1	24.6				
110	83.6	80.9	24.8	216	83	850	35
115	84.1	81.1	25.8				
120	84.4	81.0	25.7	196	83	980	36

ตารางที่ ก.35 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	85.0	80.8	25.7				
130	85.3	79.9	25.9	194	83	870	36
135	83.5	81.1	26.1				
140	85.2	81.1	26.1	182	83	950	36
145	85.2	80.7	26.7				
150	83.5	80.8	27.6	232	84	970	36
155	84.6	81.6	28.0				
160	84.7	81.2	28.0	214	82	920	35
165	84.9	81.2	28.6				
170	85.4	79.3	27.8	234	84	890	35
175	84.2	80.9	28.6				
180	84.7	81.1	28.5	246	84	930	34
185	84.9	81.0	29.3				
190	84.5	81.3	29.8	218	84	1050	34
195	84.6	81.0	30.1				
200	85.1	80.9	25.4	198	84	950	33
205	85.2	80.0	23.8				
210	83.9	80.9	23.8	172	83	900	33
215	84.1	81.4	23.8				
220	85.3	80.6	23.9	196	82	910	33
225	84.7	80.0	24.5				
230	82.7	81.0	24.8	242	83	920	34
235	84.8	81.2	25.2				
240	85.1	79.5	26.1	188	83	910	34

ตารางที่ ก.35 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	85.2	81.0	26.3				
250	83.9	80.9	26.8	222	83	870	33
255	85.1	81.5	27.0				
260	85.6	80.3	27.0	192	83	900	33
265	85.1	80.9	27.2				
270	84.3	81.2	27.9	242	84	870	33
275	84.9	81.3	28.5				
280	85.7	81.3	28.6	196	83	880	33
285	84.9	79.8	28.8				
290	84.4	80.6	29.1	222	84	860	33
295	83.7	79.5	29.3				
300	83.0	80.0	29.8	210	84	870	33

เอทานอลที่กลั่นได้ 5,600 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 20.7 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 84 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 5,560 cm³ ความเข้มข้น 28 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 26 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 34,200 cm³

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตารางที่ ก.36 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	36.9	36.6	20.0				
5	67.3	34.5	20.3				
10	83.1	33.9	20.0				
15	83.9	44.5	20.2				
20	82.8	77.5	20.0				
25	81.4	77.2	20.1				
30	83.2	78.6	18.6				
35	84.7	77.9	18.7				
40	83.4	80.0	19.3	202	86		
45	84.3	79.8	19.5				
50	82.1	79.0	20.2	156	85	670	39
55	84.4	80.9	21.0				
60	82.0	80.6	21.2	194	85	620	38
65	83.9	81.3	23.0				
70	84.9	81.4	24.0	294	84	460	38
75	84.9	81.4	24.5				
80	85.0	81.5	25.2	246	84	530	38
85	82.4	80.5	26.0				
90	85.7	81.3	25.0	312	84	540	38
95	83.9	80.0	25.1				
100	82.6	80.7	25.8	200	84	1170	35
105	84.7	81.7	26.8				
110	84.0	81.3	27.7	261	84	790	34
115	85.3	81.1	27.1				
120	84.7	81.3	28.3	272	84	584	33

ตารางที่ ก.36 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	84.8	81.1	28.8				
130	84.9	81.8	29.0	254	84	500	33
135	84.5	81.6	28.8				
140	82.5	81.3	29.5	311	84	434	33
145	87.3	82.3	30.1				
150	86.5	82.4	27.0	302	84	472	33
155	86.3	82.5	26.2				
160	87.0	82.4	26.5	288	83	332	31
165	87.1	82.7	27.1				
170	87.1	82.6	27.3	292	83	308	30
175	87.4	82.2	27.8				
180	88.8	82.9	29.0	322	82	256	30
185	86.2	82.6	29.4				
190	88.2	83.6	29.5	283	82	730	28
195	87.5	83.0	30.3				
200	86.0	82.4	28.2	224	82	860	26
205	86.3	83.6	26.3				
210	83.0	83.2	26.9	220	81	800	26
215	86.0	83.5	27.0				
220	86.5	83.5	28.9	230	81	770	25
225	84.1	82.5	28.4				
230	86.1	83.5	29.1	226	82	770	26
235	86.5	83.4	29.5				
240	84.4	82.6	29.5	273	82	600	26

ตารางที่ ก.36 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	86.2	82.7	30.1				
250	87.2	83.6	28.6	150	82	710	26
255	86.8	82.6	26.9				
260	86.9	83.2	27.8	216	81	630	26
265	86.3	82.1	27.0				
270	86.0	83.4	27.8	228	82	630	26
275	86.1	83.4	28.2				
280	86.0	82.0	28.5	228	82	640	26
285	86.0	83.1	28.4				
290	86.9	82.0	29.8	264	82	630	25
295	84.8	82.4	28.9				
300	85.0	82.7	29.3	214	82	620	26

เอทานอลที่กลั่นได้ 6.662 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 24.7 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 83 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 5.890 cm³ ความเข้มข้น 25 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 22 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 28.608 cm³

ตารางที่ ก.37 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้า โดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	17.4	19.2	20.5				
5	50.5	19.3	20.5				
10	73.2	19.1	20.5				
15	79.5	19.3	20.4				
20	79.8	26.9	20.4				
25	80.1	41.5	20.4				
30	80.0	49.0	20.4				
35	79.5	77.2	19.9				
40	80.4	78.5	20.0				
45	81.1	78.4	19.7				
50	80.3	78.5	19.8	134	87		
55	81.6	78.4	20.0				
60	81.2	79.0	20.2	99	86		
65	81.4	79.1	20.5				
70	80.9	78.9	20.7	118	86	1100	41
75	81.3	79.3	21.2				
80	81.0	79.6	21.2	114	87	810	40
85	80.9	79.8	21.3				
90	81.0	79.6	21.6	118	86	940	39
95	81.3	79.5	21.8				
100	81.4	79.6	22.1	114	86	1200	39
105	81.5	79.5	22.1				
110	81.6	79.9	22.5	118	86	1120	38
115	81.9	79.8	22.5				
120	81.9	79.5	22.7	108	86	990	37

ตารางที่ ก.37 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	80.8	79.5	23.0				
130	81.4	79.5	23.1	112	86	1190	37
135	81.3	79.5	23.4				
140	81.4	79.5	23.5	116	86	1160	37
145	81.3	79.2	23.7				
150	81.7	79.5	23.9	116	86	1120	37
155	81.6	79.5	24.1				
160	80.7	79.4	24.2	106	87	1080	37
165	82.2	79.1	24.2				
170	81.8	79.5	24.5	108	86	1150	36
175	81.9	79.1	24.5				
180	81.0	79.2	24.6	90	87	1100	36
185	82.1	79.2	24.9				
190	82.2	78.9	24.9	114	87	1080	36
195	82.1	79.0	25.0				
200	81.1	78.9	25.3	100	87	1050	36
205	82.1	79.9	25.8				
210	82.0	79.1	25.6	124	86	950	36
215	82.3	78.8	25.8				
220	81.6	78.7	25.9	122	87	1130	36
225	80.5	79.4	25.9				
230	80.2	79.6	26.4	102	87	1030	35
235	81.7	79.2	26.1				
240	81.7	79.4	26.3	91	86	1170	35

ตารางที่ ก.37 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 800 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	81.4	79.3	26.5				
250	81.8	79.5	26.5	102	87	1190	35
255	81.7	79.8	26.8				
260	81.6	79.7	27.1	104	87	1200	35
265	82.0	79.4	26.8				
270	82.1	79.0	27.2	94	86	1180	35
275	81.7	78.5	27.4				
280	81.6	78.6	27.7	97	87	1150	35
285	81.8	78.5	28.1				
290	80.8	78.5	28.5	100	87	1150	35
295	81.1	79.0	28.9				
300	81.1	79.7	29.0	106	87	1200	35

เอทานอลที่กลั่นได้ 2,827 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 10.9 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 86 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 2,770 cm³ ความเข้มข้น 34 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 34 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 32,037 cm³

ตารางที่ ก.38 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	17.6	16.8	19.5				
5	57.3	16.8	19.4				
10	80.2	16.7	19.0				
15	80.2	20.4	18.7				
20	82.8	35.6	19.1				
25	83.2	47.2	19.2				
30	80.6	72.0	18.9				
35	82.7	77.6	18.3				
40	83.8	78.3	17.5	106	86		
45	82.8	78.2	17.8				
50	82.9	80.2	18.5	158	85		
55	83.9	79.9	18.7				
60	84.0	79.4	19.2	188	84	1040	40
65	82.6	80.2	19.5				
70	83.3	80.5	20.1	216	84	1060	39
75	83.9	80.7	20.3				
80	83.0	80.8	20.8	206	84	1010	39
85	83.8	80.5	20.9				
90	83.9	80.0	21.5	172	84	950	38
95	84.2	80.5	21.8				
100	84.6	80.1	21.9	220	84	820	37
105	84.6	80.0	22.3				
110	84.5	80.0	22.6	182	84	690	37
115	83.2	79.9	22.9				
120	83.4	80.9	23.4	200	84	760	37

ตารางที่ ก.38 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	84.3	80.3	23.5				
130	84.7	79.8	23.6	164	84	1220	37
135	84.8	79.8	23.8				
140	83.9	80.1	24.1	228	84	1150	36
145	82.5	80.0	24.3				
150	85.1	80.0	24.6	170	84	1150	36
155	84.5	79.9	25.0				
160	84.9	80.6	25.2	224	84	1100	36
165	84.5	80.6	25.3				
170	84.7	80.5	25.7	202	84	1080	35
175	84.6	80.7	26.5				
180	84.2	81.0	26.8	232	84	1020	35
185	83.8	81.4	27.5				
190	83.6	81.2	27.7	216	84	990	34
195	82.5	81.1	27.8				
200	82.9	80.4	27.4	210	84	1060	34
205	81.4	80.0	28.0				
210	82.5	80.1	28.4	200	84	920	34
215	84.5	80.7	28.6				
220	81.9	80.6	28.7	212	84	970	34
225	82.1	80.3	29.0				
230	83.5	80.6	29.3	218	84	990	35
235	83.4	80.6	29.7				
240	84.4	80.2	29.6	212	85	1020	35

ตารางที่ ก.38 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.5 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	84.6	80.1	30.1				
250	83.8	81.0	27.7	190	84	880	35
255	83.8	81.2	25.5				
260	84.4	81.3	25.7	190	84	930	35
265	84.6	81.3	25.7				
270	84.9	81.1	26.2	206	84	860	35
275	84.7	80.9	26.2				
280	85.0	80.4	26.8	204	84	920	35
285	84.2	80.6	27.1				
290	84.2	81.4	27.5	202	84	890	35
295	84.3	81.4	27.4				
300	84.8	80.8	28.1	202	84	880	35

เอทานอลที่กลั่นได้ 5,330 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 19.7 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 84 % (V/V)
 สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 5,050 cm³ ความเข้มข้น 30 % (V/V)
 ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 30 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 34,740 cm³

ตารางที่ ก.39 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
0	21.8	21.2	21.4				
5	60.0	21.5	21.2				
10	81.9	22.2	21.3				
15	79.1	36.2	21.4				
20	81.3	51.1	21.1				
25	82.8	68.3	21.1				
30	83.3	77.4	20.1				
35	81.2	78.0	20.1				
40	84.2	78.6	20.0	95	86		
45	80.5	80.1	20.7				
50	83.7	78.5	20.6	162	85		
55	83.0	81.3	21.6				
60	84.5	80.3	21.7	280	84	580	40
65	81.9	80.1	22.1				
70	84.7	80.9	22.7	250	84	790	40
75	83.7	81.4	23.1				
80	81.3	80.5	24.0	290	84	740	39
85	84.4	81.5	24.1				
90	82.9	80.0	24.4	236	84	740	38
95	82.5	80.8	25.2				
100	85.0	81.6	25.5	270	84	720	37
105	84.4	81.8	26.2				
110	83.1	81.3	26.1	246	84	670	37
115	84.6	81.8	26.6				
120	85.0	81.7	28.5	281	84	640	35

ตารางที่ ก.39 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
125	81.1	80.3	27.4				
130	85.4	82.0	28.3	264	84	660	34
135	85.1	82.0	28.5				
140	85.1	82.2	28.7	265	84	610	33
145	86.0	82.0	29.3				
150	86.1	81.8	30.9	242	83	600	33
155	82.4	81.3	30.2				
160	82.3	82.0	29.1	289	83	640	32
165	85.6	81.2	26.9				
170	85.0	82.3	26.9	228	82	620	32
175	85.4	82.5	27.2				
180	85.2	82.6	28.0	266	83	620	32
185	85.2	82.4	28.3				
190	86.1	82.1	28.4	226	83	620	31
195	85.6	82.4	29.1				
200	85.7	82.5	29.2	262	83	600	30
205	85.1	82.2	29.3				
210	85.1	82.8	30.9	246	83	670	29
215	86.0	82.7	30.1				
220	86.3	82.9	28.5	255	83	550	29
225	84.9	82.1	26.7				
230	85.1	82.5	27.6	268	82	600	30
235	84.5	81.8	27.9				
240	87.2	81.7	27.8	248	82	590	29

ตารางที่ ก.39 ผลการกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าโดยใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm (I.D.) สูง 0.75 m ให้กำลังไฟฟ้า Heater ประมาณ 1,000 W ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % V/V ใช้เวลาในการกลั่น 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 2 (ต่อ)

time (min)	Temperature (°C)			Distilled		Liquid from separator	
	Boiler	Separator	Condenser	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)	Volume (cm ³)	Concentration (%v/v)
245	84.5	82.6	28.8				
250	86.1	83.0	28.9	256	83	600	29
255	86.3	82.7	29.3				
260	84.9	82.5	29.5	260	82	570	28
265	86.3	82.4	29.8				
270	86.4	83.0	30.3	218	83	570	28
275	85.4	82.3	26.6				
280	86.4	83.0	26.5	256	82	580	28
285	85.2	81.8	26.7				
290	86.5	82.6	27.1	222	83	560	27
295	86.9	82.9	27.4				
300	86.7	82.8	28.4	272	82	560	27

เอทานอลที่กลั่นได้ 6,653 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 24.6 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 83 % (V/V)

สารละลายที่เหลือค้างใน Separator 5,330 cm³ ความเข้มข้น 26 % (V/V)

ความเข้มข้นที่เหลือใน Boiler 22 % (V/V) สารละลายทั้งหมดที่ไหลผ่าน Bubble pump 27,683 cm³



ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการทดสอบกลับเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 29 กันยายน 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_s	$T_{l,boiler}$	$T_{l,sep}$	$T_{v,sep}$	T_{cond}	$T_{in, coll}$	$T_{out, coll}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	100	1000	24.1	37.2	24.0	25.6	26.0	25.0	26.4				
8:15	160	1000	24.3	90.0	68.5	70.8	26.1	25.3	29.1				
8:30	280	1000	25.0	94.3	78.4	83.7	26.4	25.7	31.3				
8:45	360	1000	25.5	96.4	88.1	92.8	26.1	26.3	40.5	350	60		
9:00	400	950	25.7	97.2	93.2	95.2	26.4	26.7	51.0	314	40	1350	8
9:15	420	920	26.5	97.2	94.0	95.8	26.8	26.8	60.6	348	30	730	6
9:30	520	820	27.5	97.1	94.3	96.2	27.8	27.7	70.5	300	28	750	5
9:45	580	750	28.1	96.9	94.1	96.0	27.6	28.3	78.5	272	29	750	5
10:00	720	650	28.8	96.7	94.0	95.8	27.4	29.0	91.2	258	29	730	4
10:15	800	580	29.0	95.7	93.9	95.0	28.4	29.9	92.8	242	25	700	3
10:30	760	500	29.2	95.9	94.7	94.9	28.8	31.0	92.9	244	40	750	4
10:45	840	540	31.0	96.2	94.7	94.4	28.4	30.8	92.3	226	42	750	5
11:00	760	590	31.2	95.8	94.2	94.1	28.3	31.1	92.2	224	42	730	4
11:15	680	540	31.3	97.2	94.7	94.3	27.8	31.7	91.8	224	43	770	5
11:30	960	450	31.6	95.9	94.7	94.7	29.3	33.4	93.6	254	42	750	5
11:45	880	400	31.7	95.7	94.8	94.8	28.9	34.0	93.9	204	42	810	5
12:00	920	380	32.0	95.1	94.3	93.4	28.7	34.8	94.6	120	44	800	5
12:15	1000	350	32.2	95.1	94.3	93.6	28.8	34.7	93.3	154	47	1150	5
12:30	880	320	32.4	95.2	94.3	93.7	29.5	36.1	95.1	172	48	1150	5
12:45	920	320	32.5	95.8	93.6	92.6	29.4	36.0	95.3	124	49	2150	5
13:00	880	350	32.7	95.1	93.5	92.9	29.0	36.0	93.9	142	52	3580	6
13:15	840	400	33.8	95.0	93.4	92.9	29.1	36.3	93.4	156	51	1200	6
13:30	840	430	33.2	95.5	93.5	93.1	29.0	36.2	93.8	210	50	1200	6
13:45	560	430	32.8	95.6	93.7	93.4	29.0	36.4	93.3	216	48	1250	6
14:00	720	430	32.2	95.8	94.0	93.8	29.4	37.4	94.7	202	47	1250	5
14:15	800	450	33.5	95.7	94.0	93.6	29.3	37.2	93.3	180	45	1150	5
14:30	600	500	33.7	95.8	94.1	93.9	29.1	37.2	93.0	180	45	1250	5
14:45	760	530	32.8	96.2	94.4	94.1	28.9	37.3	92.6	186	44	1200	5
15:00	600	530	33.2	96.4	94.6	94.5	29.1	38.1	92.5	178	42	1200	4
15:15	600	540	34.0	97.0	95.1	95.0	29.2	38.7	92.7	180	40	1100	4
15:30	400	540	34.5	96.9	95.2	95.4	29.1	38.8	91.1	184	37	1150	4
15:45	480	540	33.7	97.0	95.1	95.5	28.9	38.9	90.9	170	36	1100	3
16:00	200	540	33.5	96.9	94.9	95.3	28.7	38.7	90.5	138	35	730	3

กลั่นได้ 6,352 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 14.12 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 41 % (v/v) อัตราการป้อนสาร 90 cm³/min
 สารละลายที่เหลือในถังแยก 1,950 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 40,482 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 4.82 kWh

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 3 ตุลาคม 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_s	$T_{i,boiler}$	$T_{i,sep}$	$T_{v,sep}$	T_{cond}	$T_{in,coil}$	$T_{out,coil}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	120	1000	24.5	27.0	24.6	26.7	25.6	25.2	27.7				
8:15	280	1000	24.5	90.1	65.0	29.0	25.6	25.8	33.8				
8:30	160	950	25.3	94.7	83.1	83.9	26.3	26.1	37.0				
8:45	280	920	26.3	97.2	92.5	92.6	26.2	26.4	42.6	372	62		
9:00	400	820	26.9	97.1	93.8	95.0	26.0	26.4	52.0	270	47	1370	5
9:15	280	750	27.2	97.0	93.7	95.3	26.4	26.9	54.4	210	37	990	5
9:30	560	720	28.3	96.3	93.1	95.3	26.5	27.4	63.4	196	36	950	5
9:45	640	700	29.7	96.4	93.2	95.2	26.8	28.0	74.4	210	37	940	4
10:00	520	650	30.0	96.3	93.1	95.1	27.0	28.5	87.9	220	36	910	4
10:15	400	590	30.7	96.1	93.2	95.0	27.6	29.5	92.3	220	36	910	3
10:30	440	600	30.4	96.4	93.1	95.0	27.6	29.9	90.1	212	38	900	3
10:45	520	550	30.9	95.9	94.5	94.5	27.7	30.4	92.3	208	39	900	4
11:00	240	600	30.1	96.1	94.5	94.3	27.4	30.8	88.9	188	40	890	4
11:15	320	630	30.6	96.8	94.8	94.6	27.4	31.4	87.5	192	40	870	4
11:30	240	580	30.3	97.2	95.2	95.1	27.7	32.1	83.4	144	39	880	4
11:45	560	500	31.9	96.6	94.7	94.9	27.3	32.0	86.2	150	38	870	4
12:00	440	550	32.1	97.1	95.3	95.3	28.1	33.0	88.7	172	37	870	3
12:15	400	580	32.5	97.0	94.1	95.2	27.7	32.9	83.8	152	38	800	3
12:30	440	550	31.7	96.7	93.5	94.9	27.4	32.9	92.1	144	38	830	3
12:45	640	450	32.8	96.5	94.9	95.0	28.5	33.5	92.6	156	39	850	3
13:00	720	450	32.6	96.7	95.3	95.1	29.1	34.2	92.9	160	40	830	4
13:15	640	450	33.4	95.9	94.7	94.1	29.1	34.5	93.0	140	43	790	4
13:30	720	450	32.7	96.6	94.5	93.9	28.6	34.8	87.5	126	45	850	4
13:45	440	500	32.1	96.9	94.5	94.0	28.4	35.1	85.8	126	46	800	4
14:00	560	500	32.1	97.5	94.8	94.6	28.2	34.8	82.6	152	44	840	4
14:15	640	500	34.4	97.0	95.0	94.9	28.5	34.8	91.9	160	41	750	3
14:30	720	500	32.9	97.0	95.2	95.1	28.3	35.1	86.4	154	38	770	3
14:45	640	500	32.9	97.2	95.4	95.3	28.3	35.2	84.5	160	36	750	3
15:00	520	530	32.6	97.2	95.4	95.3	28.8	35.5	86.9	164	35	750	3
15:15	440	570	32.1	97.5	95.6	95.6	28.2	35.7	82.3	164	35	730	3
15:30	480	620	32.2	97.2	95.5	95.6	28.2	35.7	78.9	150	34	750	3
15:45	400	650	32.9	96.8	95.0	95.2	28.2	35.8	81.5	146	34	730	3
16:00	440	670	31.7	97.2	95.4	95.0	28.4	35.6	74.1	164	34	720	3

กลั่นได้ 5,382 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 11.96 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 40 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 72 cm³/min
 สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,250 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 32,422 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 5.15 kWh

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอล โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 4 ตุลาคม 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_a	$T_{L,boiler}$	$T_{L,sep}$	$T_{V,sep}$	T_{cond}	$T_{in,coil}$	$T_{out,coil}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	150	1000	23.4	24.0	23.7	25.1	25.2	24.2	25.9				
8:15	240	1000	24.3	92.8	72.9	28.3	25.2	25.1	32.6				
8:30	400	960	25.2	94.3	84.2	79.5	25.6	25.3	36.7				
8:45	440	960	25.8	95.8	92.1	91.7	26.5	26.0	41.4	210	65		
9:00	400	930	26.8	96.9	93.3	93.1	26.5	26.0	48.6	314	53	1280	6
9:15	560	890	27.6	97.2	94.5	94.9	26.7	26.4	59.7	300	43	1510	5
9:30	520	730	27.4	96.7	94.8	95.7	26.8	26.9	67.5	236	33	1070	4
9:45	560	630	28.1	96.4	93.9	95.7	27.1	27.7	73.5	200	32	980	4
10:00	720	600	30.5	96.1	93.8	95.3	27.5	28.5	84.5	182	35	1040	4
10:15	680	530	29.1	95.9	92.9	94.7	27.1	28.4	91.3	190	37	1020	3
10:30	840	500	30.4	95.6	94.3	94.6	27.6	29.6	92.1	202	39	1000	3
10:45	800	500	31.2	95.3	94.2	93.8	27.4	29.8	91.7	176	41	1000	4
11:00	880	500	32.4	95.4	94.1	94.0	27.8	30.9	92.3	180	43	960	5
11:15	560	550	31.0	96.3	94.4	94.1	28.1	31.6	86.9	176	44	1040	5
11:30	200	550	30.7	97.1	94.8	94.6	27.7	31.6	81.1	160	44	980	5
11:45	560	560	30.7	96.7	94.8	94.8	27.8	31.3	82.4	158	41	980	4
12:00	360	550	29.6	96.8	94.9	95.1	27.8	31.5	79.5	160	39	950	4
12:15	160	560	29.2	96.7	93.8	95.0	27.4	31.3	71.4	156	37	940	4
12:30	200	630	30.4	96.6	93.3	95.2	27.7	31.7	66.2	172	37	950	4
12:45	600	650	30.6	96.2	93.1	95.2	28.3	32.2	70.0	170	37	930	4
13:00	240	650	29.3	96.5	92.9	94.9	27.8	31.7	68.4	180	38	900	3
13:15	240	670	30.0	96.7	93.2	95.3	27.9	31.9	65.7	192	37	900	3
13:30	160	670	29.6	96.7	93.4	95.2	27.7	31.9	60.7	190	36	890	3
13:45	160	640	29.2	96.6	93.4	95.1	27.4	31.9	56.9	182	36	890	3
14:00	240	660	29.6	96.4	93.3	94.9	27.4	32.0	54.4	160	37	850	3
14:15	320	680	29.8	96.4	93.5	95.3	27.8	32.1	57.3	196	37	860	3
14:30	200	680	29.8	96.5	93.4	95.2	27.7	31.8	56.4	194	37	850	3
14:45	200	700	29.2	96.6	93.6	95.2	27.7	31.8	55.1	196	37	830	3
15:00	120	750	29.9	96.6	93.7	95.3	27.4	31.6	52.4	200	36	830	3
15:15	120	780	29.7	96.7	93.9	95.3	27.3	31.5	49.4	200	35	820	3
15:30	80	750	29.8	96.7	94.0	95.3	27.4	31.4	46.9	192	35	810	3
15:45	160	750	29.5	96.6	93.9	95.3	27.5	31.1	45.7	186	35	800	3
16:00	160	750	29.9	96.6	94.0	95.3	27.5	31.1	45.1	202	35	790	3

กลั่นได้ 5,812 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.92 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 39 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 77 cm³/min
 สารละลายที่เหลือในถังแยก 980 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 34,442 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 5.73 kWh

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 12 ตุลาคม 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_a	$T_{L,boiler}$	$T_{L,sep}$	$T_{v,sep}$	T_{cond}	$T_{in,coil}$	$T_{out,coil}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	90	1000	25.3	25.9	24.5	25.5	27.0	25.4	25.7				
8:15	200	1000	25.8	88.1	73.8	28.9	27.0	25.7	27.2				
8:30	360	1000	26.0	90.7	81.5	82.5	27.2	26.2	30.4				
8:45	520	960	27.2	95.2	92.0	91.7	27.4	27.0	38.4	236	68	660	9
9:00	480	920	27.5	95.5	93.0	92.9	27.2	27.7	49.3	232	55	1350	8
9:15	380	880	27.7	96.4	93.8	93.9	27.1	27.9	58.7	300	49	1060	6
9:30	480	760	28.0	97.0	94.7	95.2	27.1	28.1	71.2	318	42	1040	5
9:45	620	580	28.4	96.6	95.2	95.6	27.1	28.6	81.4	230	35	1030	4
10:00	680	450	29.3	96.1	95.0	95.5	27.1	29.3	91.8	182	34	980	4
10:15	800	430	30.2	95.2	94.5	95.0	27.6	30.3	92.7	152	38	950	4
10:30	840	430	30.5	94.7	94.0	94.3	27.4	30.9	92.6	154	42	950	4
10:45	920	380	30.9	95.2	94.0	94.2	27.9	31.9	92.8	170	44	970	5
11:00	880	380	31.0	94.8	93.8	94.0	28.1	32.7	93.7	164	45	940	5
11:15	680	420	32.2	94.5	93.6	93.8	28.8	33.9	94.4	210	46	960	5
11:30	840	400	32.4	94.6	93.3	93.0	28.7	34.3	93.9	190	47	1000	5
11:45	920	380	32.2	94.8	93.5	93.4	29.1	34.5	94.5	200	49	1000	6
12:00	720	430	33.8	94.4	92.9	92.7	28.7	34.9	94.1	162	49	1000	6
12:15	1000	320	32.7	95.1	93.4	93.3	29.6	35.7	95.4	200	48	1030	6
12:30	800	350	32.4	95.2	93.4	92.5	29.6	36.0	93.5	176	48	1000	6
12:45	680	500	32.8	96.3	93.8	93.4	29.1	36.5	94.8	146	50	1060	6
13:00	360	550	33.3	97.8	94.3	93.9	28.6	36.3	86.0	196	48	1150	5
13:15	640	550	31.9	97.3	94.4	94.2	28.9	36.1	93.6	172	45	1150	5
13:30	800	500	33.3	96.6	94.9	94.7	29.6	35.9	94.0	220	41	1100	4
13:45	800	480	33.1	96.1	94.9	94.7	29.5	36.0	93.6	160	40	1150	4
14:00	760	520	32.9	96.0	94.9	94.6	29.7	36.3	93.6	152	40	1060	4
14:15	720	530	33.4	95.9	94.8	94.7	29.6	36.3	93.7	160	41	1010	4
14:30	640	550	34.0	96.4	94.7	94.5	29.6	36.8	93.4	130	41	1060	4
14:45	600	570	32.9	96.6	94.8	94.6	29.5	37.0	93.0	164	41	1100	4
15:00	440	600	32.5	97.3	95.4	95.1	29.6	37.3	90.2	170	39	1070	4
15:15	440	620	32.8	97.4	95.5	95.3	29.3	37.4	87.7	154	37	1000	4
15:30	440	620	32.5	97.3	95.6	95.7	29.4	37.6	89.0	156	35	980	4
15:45	400	640	33.4	96.9	95.6	95.7	29.1	37.7	86.5	156	32	930	3
16:00	400	650	33.6	96.6	95.3	95.4	28.9	37.8	83.8	158	33	980	3

กลั่นได้ 5,570 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.38 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 44 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 86 cm³/min

สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,300 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 38,590 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 4.84 kWh

ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 13 ตุลาคม 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_a	T_{boiler}	$T_{\text{l, sep}}$	$T_{\text{v, sep}}$	T_{cond}	$T_{\text{in, coil}}$	$T_{\text{out, coil}}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	90	1000	25.4	25.2	25.0	26.1	26.2	25.6	26.3				
8:15	160	1000	26.3	88.2	73.1	30.0	26.2	26.5	30.0				
8:30	280	1000	27.1	92.7	81.9	82.4	26.5	26.8	34.2				
8:45	480	950	27.7	95.2	91.8	91.3	27.2	27.5	42.5	236	65	550	6
9:00	400	930	28.9	96.1	93.1	93.1	27.6	27.9	52.1	280	54	1440	6
9:15	440	890	28.3	96.9	94.2	94.7	27.8	28.4	63.3	304	45	1280	5
9:30	520	800	28.7	96.9	94.6	96.0	28.1	29.1	69.8	290	35	1170	3
9:45	560	700	29.5	96.6	94.2	95.8	28.2	29.7	76.5	260	33	1150	3
10:00	600	550	30.1	96.2	93.9	95.4	28.3	30.3	83.5	232	34	1120	3
10:15	680	480	31.3	95.7	93.3	94.8	28.4	31	91.5	200	37	1080	3
10:30	480	450	31.3	95.7	93.3	94.8	28.4	31.0	91.5	180	42	1050	3
10:45	600	380	32.5	94.7	93.8	93.6	29.0	32.5	92.7	144	45	1060	4
11:00	760	400	31.8	94.9	93.4	93.2	28.7	32.9	92.5	132	49	1080	5
11:15	720	300	32.6	95.0	93.5	93.2	28.9	33.4	92.8	142	50	1030	5
11:30	800	300	32.1	94.6	93.4	93.1	29.0	34.1	93.0	110	50	1050	5
11:45	920	250	33.5	94.3	93.1	92.8	29.1	34.7	93.2	164	50	1050	5
12:00	760	280	33.5	94.3	93.0	92.6	29.4	35.4	93.4	166	51	1100	5
12:15	800	250	34.2	94.8	93.0	92.6	29.7	35.4	94.2	182	52	1100	6
12:30	960	220	33.7	94.8	93.2	92.8	30.0	35.5	93.6	200	51	1150	6
12:45	960	220	33.8	95.0	93.2	92.8	30.3	35.9	93.9	152	51	1100	5
13:00	840	250	34.6	95.1	93.2	92.8	29.7	36.3	94.8	170	51	1120	5
13:15	840	250	33.3	95.4	93.6	93.2	30.1	36.5	94.0	188	51	1150	5
13:30	920	250	35.0	95.6	93.6	93.2	29.8	37.1	95.0	134	50	1100	5
13:45	720	320	33.7	95.9	93.7	93.1	30.2	37.4	93.9	184	49	1150	5
14:00	800	350	34.0	96.1	93.7	93.5	30.0	37.8	94.7	176	49	1100	5
14:15	720	370	33.6	96.5	94.0	93.6	30.1	38.2	93.8	182	47	1080	5
14:30	680	400	35.1	96.5	94.0	93.9	29.8	38.4	94.7	196	46	1050	5
14:45	600	430	34.7	96.9	94.2	94.0	29.8	38.9	94.4	160	44	1030	4
15:00	400	480	34.1	97.8	94.6	94.4	29.6	39.1	91.9	134	44	1000	4
15:15	280	600	32.8	98.3	95.3	95.1	29.4	39.2	86.1	174	41	970	4
15:30	200	650	33.0	98.4	95.9	95.9	29.0	39.1	79.5	214	35	920	3
15:45	80	700	32.0	98.6	96.6	96.8	28.9	38.7	72.2	208	29	880	2
16:00	120	750	31.5	98.1	96.6	96.9	28.8	38.3	64.8	236	23	880	1

กลั่นได้ 5,730 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.73 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 44 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 89 cm³/min
 สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,550 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 40,270 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 4.29 kWh

ตารางที่ ข.6 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 30 ตุลาคม 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_a	$T_{l,boiler}$	$T_{l,sep}$	$T_{v,sep}$	T_{cond}	$T_{in,coil}$	$T_{out,coil}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	100	1000	23.9	28.7	24.2	24.9	26.3	25.9	28.3				
8:15	120	1000	24.3	84.5	75.1	31.1	25.9	25.5	32.1				
8:30	160	980	24.1	94.1	85.7	85.5	26.1	25.6	36.3				
8:45	160	970	24.8	95.7	92.0	91.9	26.0	25.6	36.2	250	63	420	7
9:00	120	970	25.0	96.2	92.9	92.8	26.2	25.7	38.8	232	53	1270	7
9:15	160	960	25.0	96.5	93.7	93.5	26.3	25.8	40.7	232	48	980	6
9:30	200	930	24.9	96.6	94.3	94.4	26.6	26.0	43.6	250	43	960	5
9:45	280	900	25.2	96.4	94.6	94.8	26.4	26.3	46.5	226	40	1150	4
10:00	320	880	26.4	96.2	94.6	94.9	26.7	26.5	50.3	232	38	1120	4
10:15	320	880	25.6	97	94.9	95.3	26.6	26.9	52.9	250	37	1170	4
10:30	360	820	26.5	97.4	95.5	96.0	27.1	27.3	56.0	256	34	1070	3
10:45	280	790	26.5	97.2	95.4	96.1	26.9	27.4	57.7	240	30	1050	3
11:00	240	720	26.5	97.1	94.5	96.0	27.2	27.9	58.4	224	30	1050	3
11:15	320	700	26.9	96.6	93.4	95.6	27.0	27.7	59.5	206	32	970	3
11:30	400	670	27.2	96.4	93.3	95.4	27.0	28.1	61.5	208	34	1040	2
11:45	520	600	27.6	96.1	92.8	95.0	27.0	28.2	66.4	190	35	1030	3
12:00	400	630	28.3	96.2	93.1	95.1	27.4	29.0	73.3	170	36	920	3
12:15	360	600	28.2	96.2	93.0	95.1	27.3	29.2	74.3	198	37	950	3
12:30	320	620	27.8	96.4	93.2	95.2	27.4	29.8	73.4	170	36	870	3
12:45	400	580	28.0	96.2	92.9	94.8	27.1	29.8	70.8	174	38	970	3
13:00	320	580	28.5	96.2	92.9	94.7	27.4	30.4	70.4	138	39	860	3
13:15	440	570	28.4	96.0	92.9	94.7	27.4	30.5	70.6	156	39	900	3
13:30	480	570	29.1	96.3	92.9	94.8	27.7	31.1	71.1	176	39	980	4
13:45	560	500	28.2	96.0	92.6	94.8	28.1	31.2	78.4	170	39	840	3
14:00	800	450	29.0	95.6	90.2	91.3	28.5	31.7	88.0	88	41	850	3
14:15	640	450	29.3	95.4	91.8	93.7	28.6	31.8	89.6	108	45	900	3
14:30	560	470	30.2	95.7	92.1	93.7	28.6	31.8	90.2	120	45	760	4
14:45	600	550	29.9	94.3	89.1	82.8	28.8	32.9	82.3	94	46	1050	5
15:00	320	630	29.6	96.1	91.8	94.2	29.0	32.4	87.4	96	46	650	4
15:15	200	700	29.5	96.6	92.8	94.8	28.3	32.4	79.4	194	40	750	4
15:30	160	730	29.1	96.9	93.2	95.2	27.7	32.6	71.2	220	36	800	4
15:45	120	750	28.6	96.9	93.0	95.2	28.6	32.3	63.3	224	35	880	4
16:00	120	790	29.0	96.9	93.2	95.4	27.4	32.1	57.8	200	34	950	4

กลั่นได้ 5,692 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.65 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 39 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 78 cm³/min
 สารละลายที่เหลือในถังแยก 1,330 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 35,182 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 5.99 kWh

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอล โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 1 พฤศจิกายน 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_a	$T_{L,boiler}$	$T_{L,sep}$	$T_{V,sep}$	T_{cond}	$T_{m,coil}$	$T_{out,coil}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	150	1000	22.3	25.3	21.9	23.8	24.9	23.2	25.3				
8:15	240	1000	22.8	93.0	66.7	26.0	24.9	23.3	30.7				
8:30	360	950	24.4	94.3	78.1	78.4	25.0	25.0	25.8				
8:45	480	900	24.7	94.7	91.0	89.9	25.4	25.4	43.6	169	67	620	9
9:00	440	900	24.9	96.2	92.4	92.3	25.9	25.8	52.2	250	56	1220	8
9:15	360	860	26.1	96.8	93.5	93.7	25.9	26.3	58.0	290	49	920	6
9:30	400	860	25.5	97.1	94.3	94.7	26.1	26.6	61.7	256	41	700	5
9:45	480	800	26.8	97.3	94.8	95.4	26.2	26.8	65.0	290	35	1180	4
10:00	600	700	26.7	97.3	94.8	95.9	26.7	27.6	72.5	274	30	1080	3
10:15	400	700	26.3	96.7	93.9	95.5	26.5	27.7	72.9	218	31	930	2
10:30	520	600	27.4	96.4	93.1	95.2	26.5	28.0	77.9	224	34	980	2
10:45	840	450	27.6	96.2	93.2	95.0	27.5	29.3	91.2	216	35	1080	2
11:00	720	600	27.3	96.1	93.8	94.6	27.6	29.4	89.9	172	38	930	3
11:15	240	600	27.6	96.6	93.1	94.8	26.8	29.7	81.3	204	39	980	3
11:30	240	620	27.9	96.5	92.6	94.7	26.4	29.8	73.0	176	38	850	3
11:45	360	620	27.5	96.3	92.4	94.5	26.3	29.8	69.3	178	38	920	3
12:00	720	450	28.5	96.1	92.4	94.8	27.5	30.9	77.0	178	38	880	3
12:15	880	400	29.3	95.7	93.7	94.3	28.1	31.1	91.4	134	39	850	3
12:30	720	450	30.2	95.6	93.8	94.0	28.3	31.4	91.9	124	42	830	3
12:45	520	470	30.4	96.2	94.0	93.9	27.7	31.5	86.1	142	43	830	3
13:00	640	450	30.0	96.1	94.0	94.3	27.7	32.0	91.4	150	42	700	3
13:15	440	550	28.8	96.7	94.4	94.5	27.4	31.2	86.4	168	40	830	3
13:30	200	650	29.7	97.0	94.7	94.8	26.9	31.0	76.4	192	39	850	3
13:45	400	670	30.3	96.7	94.5	95.0	27.1	31.2	73.5	192	37	800	3
14:00	320	650	29.5	96.9	94.7	95.3	27.6	31.5	76.7	180	35	750	3
14:15	640	650	30.1	96.6	94.5	95.2	28.0	31.8	82.6	190	35	830	2
14:30	200	670	30.2	96.9	94.8	95.4	27.7	31.9	80.2	176	34	700	2
14:45	160	700	29.2	97.1	94.8	95.4	27.0	31.6	72.1	220	34	700	2
15:00	120	750	28.4	97.2	94.9	95.5	26.8	31.2	65.2	204	33	650	2
15:15	200	700	30.3	96.9	94.7	95.5	26.8	31.3	59.8	252	32	830	2
15:30	240	700	29.7	96.9	94.2	95.5	27.2	31.4	61.9	188	30	650	2
15:45	400	720	30.2	96.7	94.5	95.4	27.3	31.3	64.8	220	32	700	2
16:00	160	780	29.5	96.9	95.0	95.6	27.2	31.3	63.8	220	31	620	2

กลั่นได้ 6,047 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.44 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 38 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 75 cm³/min

สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,170 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 33,607 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 5.64 kWh

ตารางที่ ข.8 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอล โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 4 พฤศจิกายน 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_s	$T_{i,boiler}$	$T_{i,sep}$	$T_{v,sep}$	T_{cond}	$T_{in,coil}$	$T_{out,coil}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	100	1000	22.5	24.7	21.6	22.5	25.5	23.7	24.3				
8:15	160	1000	22.7	91.8	71.2	24.4	25.3	24.3	26.9				
8:30	240	970	22.7	91.5	78.5	74.6	25.3	24.3	29.0				
8:45	320	930	23.4	94.8	90.3	87.4	25.2	24.7	32.6	150	70	300	9
9:00	360	870	24.6	95.9	91.5	91.0	25.6	24.9	42.1	282	59	850	9
9:15	440	800	25.0	96.3	92.5	92.3	26.0	25.5	52.4	268	53	900	8
9:30	480	740	25.1	97.0	93.5	93.5	26.1	25.9	61.5	258	48	800	6
9:45	520	700	26.1	97.0	94.4	94.7	26.3	26.2	72.5	266	41	920	5
10:00	520	620	26.4	97.0	94.8	95.1	26.3	26.6	79.8	226	35	750	4
10:15	600	600	27.0	96.6	94.9	94.9	26.6	27.2	86.8	190	33	1020	3
10:30	600	400	27.7	96.3	94.6	94.9	26.7	27.8	90.2	196	34	970	3
10:45	720	430	28.4	95.6	94.1	94.2	27.1	28.4	90.8	166	37	970	3
11:00	840	400	28.6	94.9	93.9	93.6	27.3	29.4	91.2	116	39	890	4
11:15	760	380	29.9	95.0	93.5	93.5	27.5	29.8	91.4	140	43	930	4
11:30	800	420	29.3	95.0	93.4	93.2	27.5	30.3	90.5	142	45	880	4
11:45	800	410	29.2	95.0	93.3	93.1	27.6	30.5	90.8	146	46	900	4
12:00	760	410	29.6	95.1	93.4	93.3	28.2	31.4	91.4	190	46	900	5
12:15	840	390	31.1	94.9	93.2	93.0	28.1	32.3	92.3	154	47	890	5
12:30	840	360	32.1	94.4	93.0	93.1	28.3	32.4	92.7	180	47	890	5
12:45	800	360	30.9	94.7	93.1	92.9	28.3	32.9	91.7	186	47	980	5
13:00	720	380	31.5	95.0	93.1	92.8	28.3	33.3	91.9	140	48	930	5
13:15	600	420	32.0	95.3	93.0	92.6	28.3	33.4	92.3	146	49	1120	5
13:30	680	380	32.4	95.7	93.5	92.9	28.5	34.1	92.3	132	49	980	5
13:45	720	400	32.1	95.7	93.5	92.9	28.4	34.7	92.7	114	49	1000	5
14:00	640	500	32.3	95.7	93.5	93.2	28.8	35.1	94.8	130	48	950	5
14:15	160	580	31.0	97.3	94.1	93.6	28.2	34.8	81.2	170	46	820	5
14:30	200	600	30.5	97.7	94.6	94.5	27.6	34.6	72.1	190	43	930	4
14:45	200	600	30.7	97.5	95.1	95.2	27.9	34.5	69.3	174	37	850	3
15:00	280	700	31.3	97.2	95.3	95.6	28.4	34.7	73.3	164	32	840	3
15:15	280	650	31.5	97.3	95.5	95.9	28.1	34.8	72.4	216	30	850	3
15:30	360	650	31.4	96.9	94.9	95.7	28.7	35.0	74.6	180	30	780	2
15:45	360	700	32.1	96.8	93.9	95.6	27.9	35.1	75.7	204	30	750	2
16:00	200	720	31.2	97.0	93.4	95.5	27.8	35.4	70.7	244	30	840	2

กลั่นได้ 5,460 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 12.13 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 43 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 76 cm³/min สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,150 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 33,990 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 4.87 kWh

ตารางที่ ข.9 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงาน ไฟฟ้า วันที่ 5 พฤศจิกายน 2546

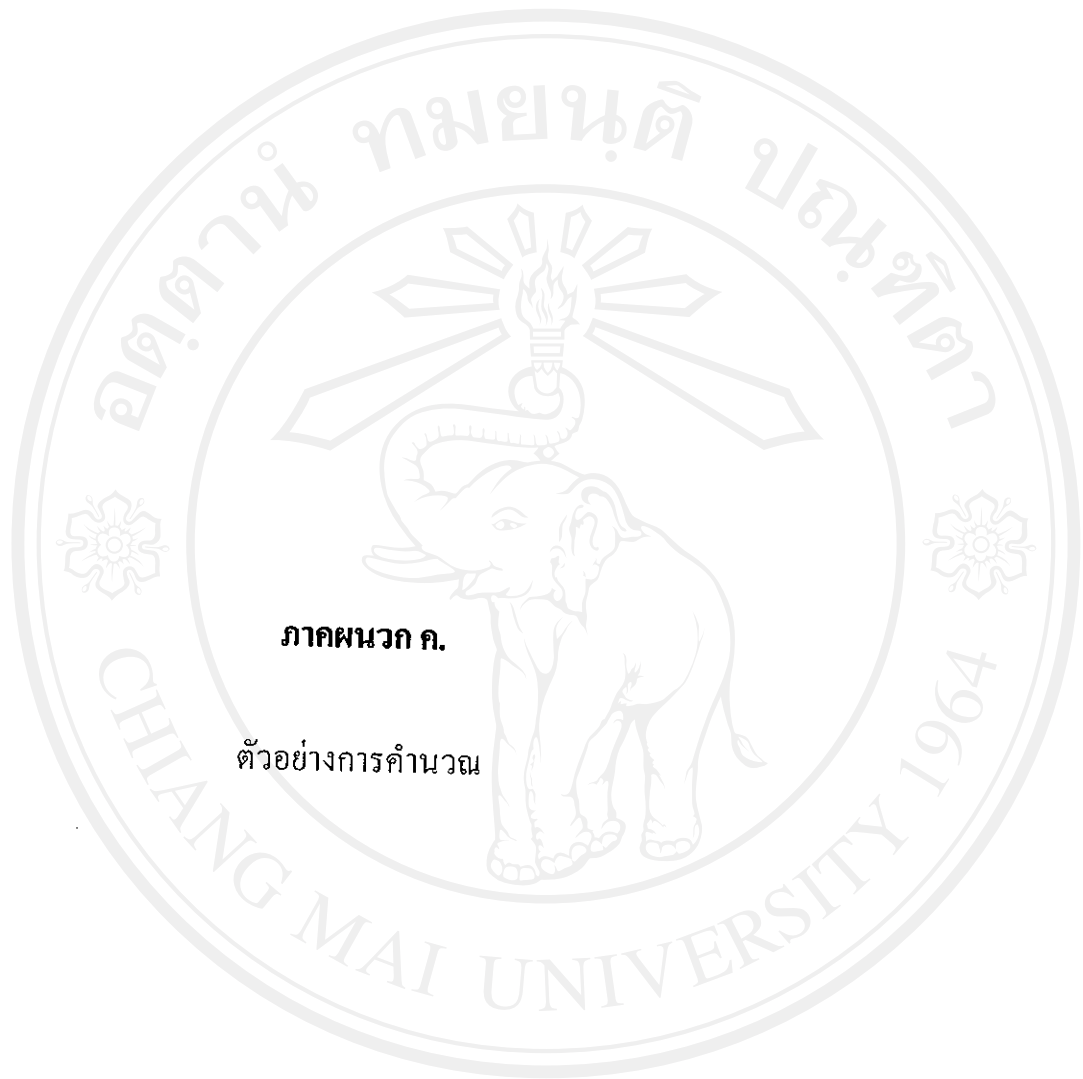
Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_s	$T_{l,boiler}$	$T_{l,sep}$	$T_{v,sep}$	T_{cool}	$T_{in,cell}$	$T_{out,cell}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	70	1000	21.7	24.1	20.3	21.1	23.2	23.4	23.5				
8:15	120	1000	22.3	93.2	50.0	21.9	23.1	22.6	23.8				
8:30	320	1000	22.7	91.1	79.2	73.9	23.3	24.1	28.3				
8:45	360	960	23.6	95.6	90.6	89.0	24.1	24.0	33.5	132	67	550	9
9:00	400	930	23.6	94.6	91.5	91.2	25.0	24.3	42.8	190	58	1500	8
9:15	480	880	24.3	95.5	92.2	92.2	25.5	24.7	51.7	240	53	1180	6
9:30	560	800	25.5	96.9	93.4	93.6	25.6	25.4	61.2	310	47	1030	5
9:45	600	750	25.3	97.1	94.3	94.8	25.7	25.8	72.4	290	40	1180	4
10:00	600	700	26.3	96.5	94.4	95.2	25.7	25.9	80.0	232	33	970	3
10:15	680	600	26.8	96.1	94.3	95	26.1	26.6	88.1	220	31	1020	3
10:30	600	570	26.6	95.8	94.1	94.7	26.3	27.4	90.3	246	33	1020	2
10:45	640	550	26.5	95.3	94.1	94.7	26.6	28.0	90.1	188	35	930	2
11:00	640	510	27.4	95.4	93.8	94.0	26.7	28.3	91.7	188	38	900	3
11:15	720	430	28.1	95.2	93.7	94.0	27.0	28.9	91.5	190	39	930	3
11:30	760	390	28.5	95.1	93.5	93.5	27.1	29.3	91.2	130	41	900	3
11:45	800	380	29.2	94.9	93.4	93.4	27.3	30.0	91.9	126	43	930	3
12:00	760	380	30.2	94.9	93.3	93.4	27.5	30.5	91.9	126	45	800	3
12:15	560	430	29.1	95.7	93.6	93.1	27.4	31.3	85.9	120	46	950	4
12:30	720	430	28.7	95.5	93.5	93.4	28.3	31.2	92.0	132	47	850	4
12:45	800	380	30.5	95.5	93.5	93.7	28.4	32.0	92.8	192	45	1030	4
13:00	720	430	29.7	95.1	93.5	93.6	28.3	31.3	93.6	156	45	870	4
13:15	200	500	29.5	96.7	93.6	93.2	27.5	31.9	80.6	126	47	920	4
13:30	200	540	29.2	97.3	93.8	93.6	27.2	31.9	75.9	166	46	880	4
13:45	480	580	30.3	97.1	94.3	94.4	27.5	32.4	78.7	168	41	870	3
14:00	120	630	28.4	97.6	95.1	95.4	27.2	32.3	72.9	174	36	800	3
14:15	200	700	29.1	97.3	95.2	95.5	27.3	32.3	67.4	174	33	850	2
14:30	120	800	29.0	97.3	95.4	95.8	27.5	32.3	63.1	184	30	740	2
14:45	360	780	29.7	97.1	95.2	95.8	27.7	32.5	64.2	230	29	780	2
15:00	400	770	30.7	97.0	94.7	95.9	28.1	32.7	69.7	230	29	740	2
15:15	440	780	30.4	97.0	95.2	95.8	28.1	32.7	73.9	250	29	700	2
15:30	320	800	30.3	97.1	95.2	95.8	28.4	32.6	75.7	258	29	720	2
15:45	280	800	30.9	97.2	95.5	96.0	28.2	32.9	75.0	258	29	680	2
16:00	320	800	31.1	97.1	95.3	95.9	28.1	32.9	73.4	260	29	730	2

กลั่นได้ 5,886 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.08 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 39 %(v/v) อัตราการป้อนสาร 78 cm³/min สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,230 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 35,066 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 5.50 kWh

ตารางที่ ข.10 ผลการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า วันที่ 8 พฤศจิกายน 2546

Time	I_T W/m ²	P (W)	Temperature (°C)							Distilled		Liquid from separator	
			T_a	T_{boiler}	$T_{\text{L, sep}}$	$T_{\text{V, sep}}$	T_{cond}	$T_{\text{in, coll}}$	$T_{\text{out, coll}}$	V (cm ³)	% v/v	V (cm ³)	% v/v
8:00	50	1000	18.4	19.5	17.0	17.7	21.9	21.1	19.8				
8:15	160	1000	19.4	92.1	75.7	19.2	21.7	20.0	20.5				
8:30	360	980	19.8	89.3	75.4	78.2	21.8	21.2	22.0				
8:45	480	960	21.0	90.4	90.5	88.4	23.2	21.5	28.4	122	71	530	9
9:00	440	930	21.9	94.3	91.3	90.7	23.7	21.8	37.8	170	61	1570	9
9:15	560	880	22.2	94.6	92.2	91.7	24.2	22.6	54.0	228	55	1080	7
9:30	480	820	23.3	96.3	92.8	92.7	24.2	23.0	63.1	298	51	900	6
9:45	520	750	23.5	97.1	93.9	94.1	24.5	23.5	74.5	306	45	890	5
10:00	640	700	24.4	96.9	94.7	95.2	24.9	24.6	84.9	252	37	850	3
10:15	680	630	25.0	96.3	94.8	95.3	24.8	25.1	89	258	32	850	3
10:30	720	570	25.3	96.3	95.1	95.4	25.7	25.5	91.6	238	32	920	3
10:45	680	550	25.5	95.6	94.5	94.7	25.8	26.0	92.2	206	35	920	3
11:00	680	500	27.4	95.4	94.3	94.4	26.1	26.9	92.0	192	39	880	3
11:15	800	450	27.2	95.3	94.2	94.3	26.5	27.7	92.6	188	40	830	4
11:30	880	380	27.4	95.1	94.1	94.2	26.5	28.9	93.4	196	41	900	4
11:45	720	350	28.2	95.0	94.1	94.2	27.1	29.9	94.4	216	42	850	4
12:00	920	300	28.1	94.7	93.7	93.6	27.0	29.5	93.3	170	45	820	5
12:15	920	300	29.1	94.9	93.6	93.4	27.2	30.6	94.0	156	46	900	5
12:30	640	280	30.0	94.9	93.6	93.6	27.6	30.9	94.7	196	46	850	5
12:45	840	300	30.0	95.2	93.6	93.2	27.3	31.5	94.0	156	46	850	5
13:00	840	320	30.0	95.3	93.7	93.6	27.3	31.8	94.7	200	47	900	5
13:15	760	340	30.7	95.6	93.7	93.4	27.3	32.4	94.0	156	46	900	5
13:30	760	320	31.4	96.1	93.9	93.6	27.3	32.4	94.6	176	46	830	4
13:45	600	340	30.6	96.5	94.0	93.5	27.3	33.2	94.8	142	45	870	4
14:00	600	370	30.5	96.5	94.1	93.6	27.2	33.5	93.7	134	45	850	4
14:15	560	440	30.9	97.1	94.2	93.9	27.2	33.7	94.2	148	44	830	4
14:30	400	470	30.8	97.5	94.6	94.2	27.0	34.2	93.6	140	44	820	4
14:45	520	500	31.7	97.9	94.8	94.3	27.2	34.3	93.6	144	41	780	4
15:00	480	580	30.6	98.1	95.1	94.9	27.0	34.7	90.4	166	40	790	3
15:15	520	620	32.2	98.4	96.0	95.9	26.8	34.9	89.1	202	34	930	3
15:30	440	650	31.4	98.2	96.5	96.6	27.1	35.4	86.7	202	29	870	3
15:45	200	750	30.5	97.9	96.5	96.7	26.6	35.4	85.7	214	27	800	2
16:00	240	820	31.7	98.2	96.6	96.7	26.6	34.8	91.8	286	24	830	2

กลั่นได้ 5,858 cm³ อัตราการกลั่นเฉลี่ย 13.02 cm³/min ความเข้มข้นเฉลี่ย 42%(v/v) อัตราการป้อนสาร 77 cm³/min
 สารละลายที่เหลือในถังแยก 2,570 cm³ สารละลายที่ป้อนทั้งหมด 34,818 cm³ ใช้พลังงานไฟฟ้า 4.79 kWh



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

การทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ($F_R U_L$) ของการศึกษานี้จะทำการทดสอบที่อุณหภูมิของสารละลายในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์เท่ากับ 60, 70, 80 และ 90 °C ตามลำดับ อัตราการป้อนสารละลายเข้าสู่ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ 80 cm³/min และอาศัยความสัมพันธ์ตามสมการ (4.2) ในการคำนวณ ผลจากการทดสอบและการคำนวณมีดังนี้

การทดสอบที่อุณหภูมิเข้า 60 °C ได้อุณหภูมิออก 32.5 °C ($c_p = 4,172$ J/kg - K) และมีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 23.2 °C และจากสมการ (4.2) จะได้

$$F_R U_L = \frac{Q_u}{A_c (T_{fi} - T_a)} = - \frac{\dot{m}_f c_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c (T_{fi} - T_a)}$$

$$= - \frac{0.0013 \text{ kg/s} \times 4172 \text{ J/kg} \cdot \text{K} (32.5 - 60) \text{K}}{2 \text{ m}^2 \times (60 - 23.2) \text{K}}$$

$$= 1.9578 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

สำหรับผลการทดสอบและการคำนวณในกรณีอื่น ๆ แสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ผลการทดสอบและคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ทำการศึกษา

\dot{m}_f (cm ³ /min)	T_{fi} (°C)	T_{fo} (°C)	T_a (°C)	Q_u (W)	$F_R U_L$ (W/m ² -K)
80	60.0	32.5	23.2	-144.0923	1.9578
80	70.0	35.9	22.3	-177.4801	1.8604
80	80.0	37.1	22.1	-222.0749	1.9178
80	90.0	38.6	21.5	-264.6644	1.9319
				เฉลี่ย	1.9169

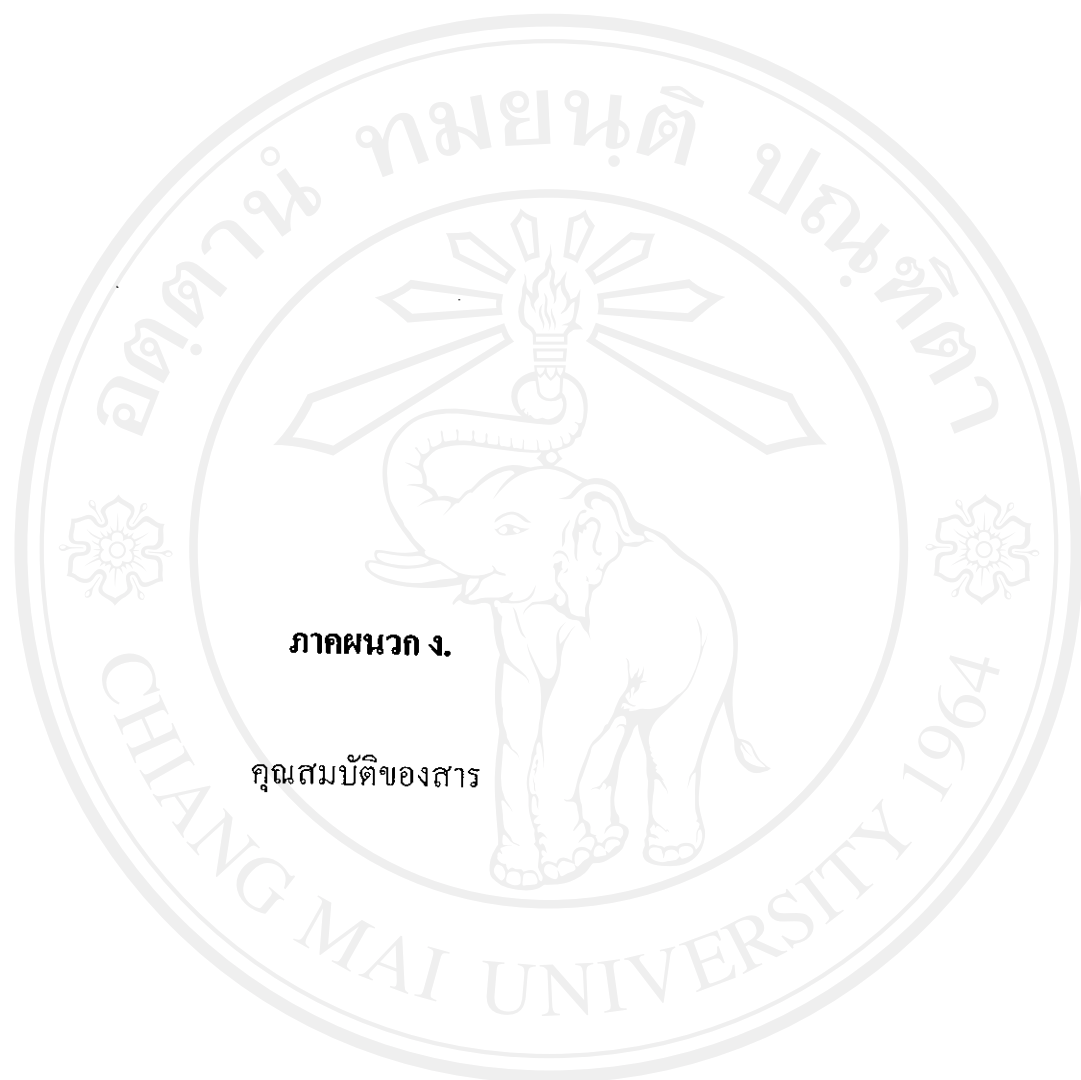
ค.2 การคำนวณค่าผลคูณประสิทธิภาพการส่งผ่านและดูดกลืนของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

การคำนวณหาค่าผลคูณประสิทธิภาพการส่งผ่านและดูดกลืนของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ หรือ $F_R (\tau\alpha)$ จะใช้ผลจากการทดสอบกลับเอาทอนอล (แสดงในภาคผนวก ข) และอาศัยสมการ (4.1) ในการคำนวณ โดยพิจารณากรณีที่อุณหภูมิสารละลายในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์เท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การทดสอบในวันที่ 4 พฤศจิกายน 2546 เวลา 10:45 น. ซึ่งมีค่าอุณหภูมิสารละลายในตัวเก็บ

รังสีแสงอาทิตย์เท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (28.4 °C) อุณหภูมิที่ออกจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์เท่ากับ 90.8 °C อัตราการไหลเท่ากับ 76 cm³/min หรือประมาณ 0.00124 kg/s ($c_p = 4,568 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$) มีค่ารังสีแสงอาทิตย์ 720 W/m² ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่าผลคูณประสิทธิภาพการส่งผ่านและดูดกลืนของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 F_R(\tau\alpha) &= \frac{\dot{m}_f c_p (T_{fo} - T_{fi})}{I_T A_c} \\
 &= \frac{0.00124 \text{ kg/s} \times 4,568 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \times (90.8 - 28.4) \text{ K}}{720 \text{ W/m}^2 \times 2 \text{ m}^2} \\
 &= 0.245
 \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้ค่าผลคูณประสิทธิภาพการส่งผ่านและดูดกลืนของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์เท่ากับ 0.245 ส่วนในกรณีอื่น ๆ ก็คำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกัน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.1 ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณหาค่าความดันไอ

The Antoine - type equation with extended terms was selected for correlation of vapor pressure as a function of temperature:

$$\text{Log}_{10}P = A + B/T + C\text{log}_{10}T + DT + ET^2$$

where P = vapor pressure (mm Hg)

A, B, C, D and E = regression coefficients for chemical compound

T = temperature (K)

$\text{Log}_{10}P = A + B/T + C\text{log}_{10}T + DT + ET^2$ (P - mm Hg, T in K)							
Name	A	B	C	D	E	Tmin	Tmax
Ethanol, C ₂ H ₅ OH	23.8442	-2.8642E3	-5.0474E0	3.7448E-11	2.7361E-7	159.05K	516.25K
Water, H ₂ O	29.8605	-3.1522E3	-7.3037E0	2.4247E-9	1.809E-6	273.16K	647.13K

ตาราง ง.2 ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณหาค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

A modified Watson equation was selected for enthalpy of vaporization as a function of temperature:

$$\lambda = A (1 - T/T_c)^n$$

where λ = enthalpy of vaporization (kjoule/mol)

A, T_c and n = regression coefficients for chemical compound

T = temperature (K)

$\lambda = A (1 - T/T_c)^n$ (λ - kjoule/mol, T in K)							
Name	A	T _c	n	Tmin	Tmax	T _B	$\lambda_{@25^\circ\text{C}}$
Ethanol, C ₂ H ₅ OH	43.122	516.25	0.079	300.00 K	516.25 K	351.44 K	39.40
Water, H ₂ O	52.053	647.13	0.321	273.16 K	647.13 K	373.15 K	39.50

ตาราง ๓.3 ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณหาค่าความหนาแน่นของของเหลว

The modified form of the Rackett equation was selected for correlation of saturated liquid density as a function of temperature:

$$\rho = A B^{-(1 - T/T_c)^n}$$

where ρ = saturated liquid density (g/ml)

A, B and n = regression coefficients for chemical compound

T = temperature (K)

T_c = critical temperature (K)

$\rho = A B^{-(1 - T/T_c)^n}$ (ρ - g/ml, T in K)							
Name	A	B	n	T _c	T _{min}	T _{max}	$\rho@25^\circ\text{C}$
Ethanol, C ₂ H ₅ OH	0.2657	0.26395	0.23670	516.25	160 K	516 K	0.787
Water, H ₂ O	0.3471	0.274	0.28571	647.13	273 K	647 K	1.027

ตาราง ๓.4 ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณหาค่าความจุความร้อนจำเพาะ

The correlation for heat capacity of liquid is a series expansion in temperature:

$$c_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

where c_p = heat capacity of liquid (joule/mol – K)

A, B, C and D = regression coefficients for chemical compound

T = temperature (K)

$c_p = A + BT + CT^2 + DT^3$ (c_p - joule/mol – K, T in K)							
Name	A	B	C	D	T _{min}	T _{max}	$c_p@25^\circ\text{C}$
Ethanol, C ₂ H ₅ OH	59.342	3.6358E-1	-1.2164E-3	1.8030E-6	160 K	465 K	107.40
Water, H ₂ O	92.053	-3.9953E-2	-2.1103E-4	5.3469E-7	273 K	615 K	75.55

ที่มา (ตาราง ๓.1 – ๓.4): Yaws. (1999)

ตาราง ง.5 สมดุลไอ – ของเหลวของสารผสมเอทานอล-น้ำ

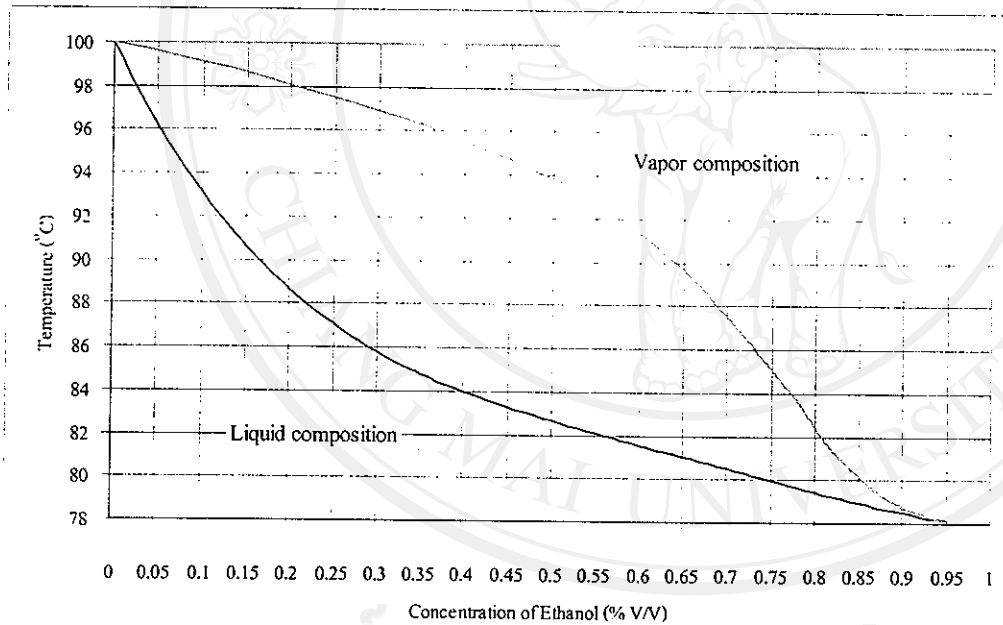
$$\% \text{ vap} = -94.7613 x^8 + 450.932 x^7 - 901.175 x^6 + 985.803 x^5 - 644.997 x^4 + 259.985 x^3 - 64.5050 x^2 + 9.71706 x$$

$$T_{\text{boi}} = 60.526 x^4 - 163.16 x^3 + 163.96 x^2 - 83.438 x + 100$$

เมื่อ % vap = % of ethanol in vapor if condensed (% v/v)

x = % of ethanol in liquid (% v/v)

T_{boi} = Boiling temperature of ethanol (°C)



รูป ง.1 แผนภาพสมดุลไอ – ของเหลวของสารผสมเอทานอล - น้ำ

Copyright © by Chiang Mai University

ที่มา: <http://www.homedistiller.org/calc.htm> (วันที่ 24 มิถุนายน 2546)

reserved

ตาราง ง.6 คุณสมบัติทางกายภาพของเอทานอล

Chemical formula: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Critical temperature: 516.25 K

Molecular weight: 46.1

Critical pressure: 6,390 kPa

Normal boiling point: 315.45 K

Critical density: 280 kg/m^3

Melting point: 158.65 K

T_{sat} , K	315.45	373	393	413	433	453	473	483	503	513
P_{sat} , kPa	101.3	226	429	753	1256	1960	2940	3560	5100	6020
ρ_l , kg/m^3	757.0	733.7	709.0	680.3	648.5	610.5	564.0	537.6	466.2	420.3
ρ_g , kg/m^3	1.435	3.175	5.841	10.25	17.15	27.65	44.40	56.85	101.1	160.2
h_l , kJ/kg	202.5	271.7	340.0	413.2	491.5	576.5	670.7	722.2	837.4	909.8
h_g , kJ/kg	1165.5	1198.7	1225.5	1247.2	1264.4	1275.3	1269.0	1259.0	1224.6	1190.3
$\Delta h_{g,l}$, kJ/kg	963.0	927.0	885.5	834.0	772.9	698.9	598.3	536.7	387.3	280.5
$c_{p,l}$, kJ/kgK	3.00	3.30	3.61	3.96	4.65	5.51	6.16	6.61		
$c_{p,g}$, kJ/kgK	1.83	1.92	2.02	2.11	2.31	2.80	3.18	3.78	6.55	
η_l , $\mu\text{Ns/m}^2$	428.7	314.3	240.0	185.5	144.6	113.6	89.6	79.7	63.2	56.3
η_g , $\mu\text{Ns/m}^2$	10.4	11.1	11.7	12.3	12.9	13.7	14.5	15.1	16.7	18.5
λ_l , $(\text{mW/m}^2)/(\text{K/m})$	153.6	150.7	146.5	141.9	137.2	134.8	129.1	125.6	108.0	79.11
λ_g , $(\text{mW/m}^2)/(\text{K/m})$	19.9	22.4	24.5	26.8	29.3	32.1	35.3	37.8	43.9	50.7
Pr_l	8.37	6.88	5.91	5.18	4.90	4.64	4.28	4.19		
Pr_g	0.96	0.95	0.96	0.97	1.02	1.20	1.31	1.51	2.49	
σ , mN/m	17.7	15.7	13.6	11.5	9.3	6.9	4.5	3.3	0.9	0.34
$\beta_{c,l}$, kK^{-1}	1.41	1.60	1.90	2.41	3.13	4.18	6.06	7.56	16.0	

ที่มา: Edwards *et al.* (1983)

ตาราง ง.7 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

Chemical formula: H₂O

Critical temperature: 647.3 K

Molecular weight: 18.0156

Critical pressure: 22,129 kPa

Normal boiling point: 373.15 K

Critical density: 315 kg/m³

Melting point: 273.15 K

T _{sat} , K	373.15	400	430	460	490	520	550	580	610	647.3
P _{sat} , kPa	101.3	247	571	1172	2185	3773	6124	9460	14044	22129
ρ _l , kg/m ³	958.3	937.5	910.3	879.4	844.3	803.8	756.1	697.2	619.5	315
ρ _g , kg/m ³	0.597	1.370	3.020	5.975	10.95	18.90	31.52	51.85	87.5	315
h _l , kJ/kg	419.10	533.0	662.1	793.5	929.4	1070.9	1220.5	1384.0	1572.9	2100
h _g , kJ/kg	2675.8	2716	2754.9	2783.9	2800.9	2801.9	2783.1	2734.3	2637.1	2100
Δh _g , kJ/kg	2256.7	2183	2092.8	1990.4	1871.5	1731.0	1562.6	1350.3	1064.2	0.0
c _{p,l} , kJ/kgK	4.22	4.24	4.28	4.45	4.60	4.84	5.07	5.70	8.12	
c _{p,g} , kJ/kgK	2.03	2.16	2.35	2.70	3.17	3.84	4.87	6.71	11.2	
η _l , μNs/m ²	277.53	218.9	175.73	147.24	126.6	111.05	99.21	89.40	78.60	23.1
η _g , μNs/m ²	12.55	13.57	14.716	15.86	17.00	18.14	19.33	20.51	21.68	23.1
λ _l , (mW/m ²)/(K/m)	679.0	685.7	683.3	671.3	646.0	618.3	580.9	536.6	464.0	914
λ _g , (mW/m ²)/(K/m)	25.0	28.1	31.6	36.6	42.3	50.1	60.2	77.3	111.4	914
Pr _l	1.72	1.35	1.10	0.98	0.90	0.87	0.87	0.950	1.38	
Pr _g	1.02	1.04	1.09	1.17	1.27	1.39	1.56	1.78	2.17	
σ, mN/m	58.91	53.50	47.16	40.66	33.90	26.96	19.66	12.71	6.26	0.0
β _{cl} , kK ⁻¹	0.78	0.91	1.02	1.24	1.89	2.00	2.70	3.92	7.85	

ที่มา: Edwards *et al.* (1983)ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.8 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุดและต่ำสุดของประเทศไทย

$$T_a(t) = \frac{(T_{\max} + T_{\min}) + (T_{\max} - T_{\min}) \sin(\omega t)}{2}$$

$T_a(t)$ = อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เวลาใด ๆ, °C

T_{\max} = อุณหภูมิสูงสุดของสิ่งแวดล้อมในแต่ละวัน, °C

T_{\min} = อุณหภูมิต่ำสุดของสิ่งแวดล้อมในแต่ละวัน, °C

$$\omega = \frac{2\pi}{24}$$

$$t = hr - 9$$

hr = เวลา, ชั่วโมง

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดช่วง 8 เวลาในแต่ละปีของประเทศไทย

	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด
1. 14 มกราคม – 26 กุมภาพันธ์	33.3	21.8
2. 15 กุมภาพันธ์ – 12 เมษายน	35.6	23.5
3. 13 เมษายน – 28 พฤษภาคม	35.5	24.9
4. 29 พฤษภาคม – 15 กรกฎาคม	33.9	25.1
5. 16 กรกฎาคม – 31 สิงหาคม	32.8	24.9
6. 1 กันยายน – 15 ตุลาคม	32.6	24.9
7. 16 ตุลาคม – 29 พฤศจิกายน	31.9	23.6
8. 30 พฤศจิกายน – 13 มกราคม	32.1	21.1

ที่มา: ชีระพงษ์ ว่องรัตนะไพศาล และคณะ (2546)



ภาคผนวก จ.

ผลงานวิชาการที่ได้เผยแพร่

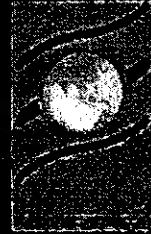
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

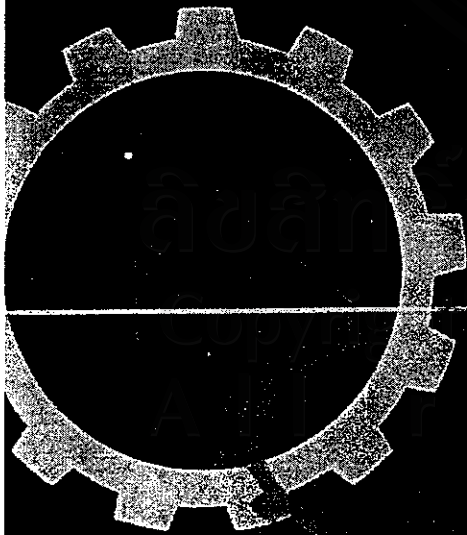


**การประชุมวิชาการ
การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ด้านความร้อน
ครั้งที่ 2**



**25 -26 กันยายน 2546
ณ ศูนย์ฝึกอบรมไทยพาทิพย์**

อำเภอทาบถ จังหวัดเชียงใหม่



**ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**



เชียงใหม่
University
ved

การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน (ครั้งที่ 2)
วันที่ 25 - 26 กันยายน 2546 ณ ศูนย์ฝึกอบรมธนาคารไทยพาณิชย์ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

การกลั่นเอทานอลโดยใช้เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม Ethanol Distillation with Bubble Pump Technique

จำปา สอนเมือก

ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 053 - 944144

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาในการกลั่นเอทานอลโดยใช้เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม ซึ่งเป็นเทคนิคการกลั่นแบบใหม่ โดยพิจารณาถึงผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและอัตราการกลั่น ซึ่งได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อปั๊มเบิ้ลปั๊ม ความสูงของท่อปั๊มเบิ้ลปั๊ม และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกลั่น ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นและอัตราการกลั่นมากที่สุดคือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ ร่องลงมาคือ ความสูงของท่อและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ตามลำดับ โดยระบบกลั่นจะสามารถทำงานได้ดี เมื่อใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8 มม ที่ความสูงของท่อระหว่าง 0.5 - 0.75 m และใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.8 - 1 kW ค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้เฉลี่ยประมาณ 52 และ 83 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ โดยมีต้นทุนการกลั่นอยู่ที่ประมาณ 4.94 บาท /ลิตร และ 2.57 บาท/ลิตร

Abstract

The objective of this research was to investigate factors affecting on ethanol concentration and distillation rate in a distiller operated with bubble pump technique. These factors were inner diameter of the bubble tube, height of the bubble tube and electrical power supplied. It was shown that the distillation rate and the concentration of ethanol depend strongly on the inner diameter of bubble tube and are relatively depend to the height of bubble tube and the electrical power, respectively. The appropriate values of these factors were 8 mm for the inner tube diameter, 0.5 - 0.75 m for the height of tube and 0.8 - 1 kW for the electrical power. The initial concentrations of ethanol in this experiment were 10 and 40 % by volume. The concentrations after distillation were about 52 and 83 % by volume, respectively. The unit productions cost are 4.94 and 2.57 Bath/liter.

1. บทนำ

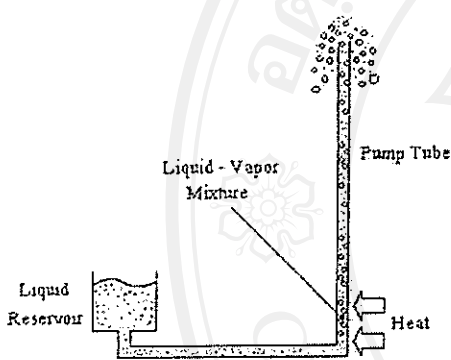
ปัจจุบันปริมาณความต้องการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างสูงโดยเฉพาะเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งใช้กันมากทั้งในภาคอุตสาหกรรมและใช้กับเครื่องจักรกลยานพาหนะความแตกต่าง ๆ ในขณะที่มีปริมาณสำรองที่มีอยู่ก็มีปริมาณลดน้อยลง ตรงกันข้ามกับราคาก็มีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาหาแหล่งพลังงานทดแทนใหม่มาใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็น การผลิตเอทานอลเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงแทนน้ำมันดีเซลและเบนซินหรือนำมาใช้ในรูปแบบของน้ำมันเชื้อเพลิงผสมที่เรียกว่า "แก๊สโซฮอล์" หรือ "ดีโซฮอล์" แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนให้กับเครื่องยนต์เบนซิน การใช้สาร MTEB (Methyl Tertiary Butyl Ether) หรือสาร ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) ได้อีกด้วย

เอทานอล สามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตร โดยการนำมาผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งจะได้สารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณ 8 - 10 % โดยปริมาตร จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปผ่านกระบวนการกลั่นซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เพื่อให้ได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นที่สูงขึ้นต่อไป สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะทำการศึกษากการกลั่นเอทานอลโดยใช้เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม (Bubble Pump Technique) โดยจะพิจารณาถึงผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการกลั่นและความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้ ซึ่งได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อปั๊มเบิ้ลปั๊มที่ใช้และความสูงของท่อปั๊มเบิ้ลปั๊มที่ใช้

2. วิธีการศึกษา

2.1 เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม

เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม (Bubble pump Technique) เป็นเทคนิคที่ใช้ความร้อนในการขับเคลื่อนของไหลภายในท่อให้ไหลขึ้นสู่ที่สูง ซึ่งการเคลื่อนที่ของของไหลจะไม่มีการกดเข้ามาเกี่ยวข้องเลย หลักการทำงานของปั๊มเบิ้ลปั๊มอย่างง่าย ๆ แสดงดังในรูป 1 เมื่อของไหลภายในท่อได้รับความร้อนจะค่อย ๆ เดือดกลายเป็นไอทำให้มีความดันสูงขึ้นและผลักดันของผสมระหว่างไอและของเหลวไหลขึ้นสู่ที่สูงได้ โดยที่สมรรถนะของปั๊มเบิ้ลปั๊ม (Bubble pump performance) จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความยาวท่อ, เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ, ความร้อนที่ของไหลได้รับ และคุณสมบัติต่าง ๆ ของของไหลที่อยู่ภายในท่อ เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของปั๊มเบิ้ลปั๊มจำเป็นต้องวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ด้วย (Srikirin, 2002)



รูป 1 หลักการทำงานของปั๊มเบิ้ลปั๊ม (Srikirin, 2002)

2.2 กระบวนการกลั่น

การกลั่นเป็นกรรมวิธีแยกองค์ประกอบของสารละลายโดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด เมื่อสารละลายได้รับความร้อน สารที่มีจุดเดือดต่ำจะระเหยออกมาในปริมาณที่มากกว่าสารที่มีจุดเดือดสูงมีผลทำให้ความเข้มข้นของสารที่มีจุดเดือดต่ำมีค่าสูงขึ้น โดยทั่วไปสามารถจำแนกการกลั่นออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน (ธีระพงษ์ วงศ์รัตนะไพศาล, 2546) ได้แก่ การกลั่นแบบเติมสารครั้งเดียว และการกลั่นแบบเติมสารอย่างต่อเนื่อง

2.2.1 การกลั่นแบบเติมสารครั้งเดียว (Batch distillation)

การกลั่นด้วยวิธีนี้ สารละลายจะถูกเติมเข้าไปในระบบก่อนเริ่มการกลั่นเพียงครั้งเดียว เมื่อเริ่มการกลั่น ความร้อนจะถูกป้อนให้กับสารละลายเพื่อให้อุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นและเกิดการระเหย แล้วควบแน่นกลายเป็นของเหลวที่เครื่องควบแน่น ซึ่งจะได้ออกของเหลวที่ได้จากการควบแน่นมีความเข้มข้นขององค์ประกอบจุดเดือดต่ำมีค่าสูงขึ้นเมื่อกระบวนการกลั่นดำเนินไปเรื่อย ๆ ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่จะลดลงเรื่อย ๆ ทำให้กระบวนการกลั่นเกิดยากขึ้นเนื่องจากสารที่มีจุดเดือดต่ำเหลืออยู่ปริมาณน้อย

2.2.2 การกลั่นแบบเติมสารอย่างต่อเนื่อง (Continuous distillation)

การกลั่นด้วยวิธีการนี้เป็นกระบวนการสารละลายจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง อัตราการป้อนสารละลาย

เข้าสู่ระบบจะค่อนข้างคงที่ ความร้อนจะถูกป้อนให้กับสารละลายเพื่อให้อุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นและเกิดการระเหย แล้วควบแน่นกลายเป็นของเหลวที่เครื่องควบแน่น ซึ่งจะได้ออกของเหลวที่ได้จากการควบแน่นมีความเข้มข้นขององค์ประกอบจุดเดือดต่ำมีค่าสูงขึ้น กระบวนการกลั่นจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

สำหรับในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการกลั่นแบบเติมสารอย่างต่อเนื่อง (Continuous distillation)

2.3 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ในทางวิศวกรรมมีความสำคัญมาก ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จะใช้ประกอบการตัดสินใจว่าจะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ สำหรับการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการประเมินค่าต้นทุนต่อหน่วยเอาทานอลที่ผลิตได้ โดยใช้วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายรายปี (Annual Cost) ค่าใช้จ่ายรายปีที่พิจารณาจะประกอบไปด้วย เงินลงทุนรายปี (Investment Cost, C_i) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Operating and Maintenance Cost, C_{om}) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Cost, C_E) ดังนั้นค่าใช้จ่ายรายปีที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายรายปี, } C = C_i + C_{om} + C_E \quad (1)$$

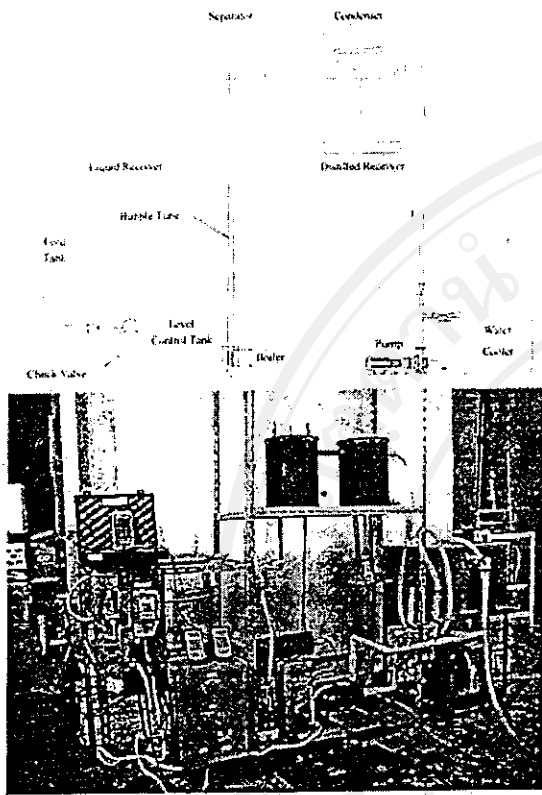
ในการศึกษานี้จะทำการปรับมูลค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาให้เป็นมูลค่าของเงินในปัจจุบันดังนี้

$$\text{เงินลงทุนรายปี } (C_i) = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2)$$

โดย P = เงินลงทุนเบื้องต้น (บาท)
 N = อายุของโครงการ (ปี)
 i = อัตราส่วนลด (ร้อยละ)

2.4 อุปกรณ์การทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม

อุปกรณ์การทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้เทคนิคปั๊มเบิ้ลปั๊ม ที่ทำการศึกษา แสดงดังในรูป 2 ซึ่งประกอบไปด้วย ถังเติมสารละลาย (Feed tank), ถังรักษาระดับสารละลาย (Level control tank), เซกควาล์ว (Check valve), หม้อต้ม (Boiler), ท่อปั๊มเบิ้ล (Bubble tube), ถังแยกไอ - ของเหลว (Separator), ถังคอนเดนเซอร์ (Condenser), ภาชนะรองรับของเหลว (Liquid receiver), ภาชนะรองรับเอทานอลที่กลั่นได้ (Distilled receiver), ปั๊มน้ำ (Water pump) และชุดทำน้ำเย็น (Water cooler)



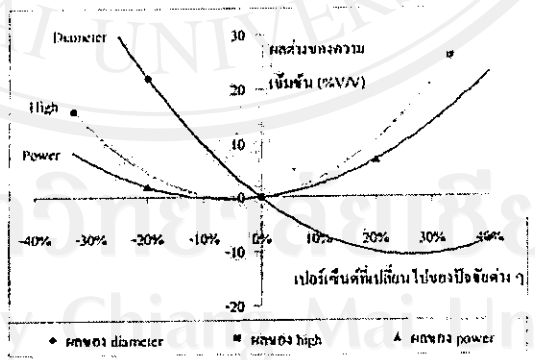
รูป 2 อุปกรณ์การทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้เทคนิคบับเบิลที่ใช้อยู่ในการศึกษา

ขั้นตอนการทดสอบจะเริ่มต้นจากการเตรียมสารละลายเอทานอลให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งได้จากการผสมระหว่างเอทานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรกับน้ำกลั่น จากนั้นเติมลงในถังเดิมและตั้งรักษาระดับสารละลาย สารละลายเอทานอลก็จะไหลผ่านเขาคาวัวเข้าสู่หม้อต้ม จากนั้นเริ่มให้ความร้อนกับสารละลายโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ที่หม้อต้มประมาณ 800 W เมื่อสารละลายเอทานอลได้รับความร้อนก็จะมีควมดันสูงขึ้น ผลักคั้นให้ของผสมระหว่างไอ - ของเหลวไหลผ่านท่อบับเบิลซึ่งเป็นท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8 มม สูง 0.5 ม ขึ้นไปสู่ถังแยกไอ - ของเหลว จากนั้นส่วนที่เป็นของเหลวจะถูกแยกออกมาทางด้านล่างของถังแยก และส่วนที่เป็นไอก็ถูกแยกออกไปกลั่นตัวที่ถังคอนเดนเซอร์ ได้เอทานอลที่มีค่าความเข้มข้นสูงขึ้น สำหรับภาที่มีมารบายความร้อนที่ถังคอนเดนเซอร์จะรักษาระดับอุณหภูมิไว้ไม่ให้เกิน 30 °C กระบวนการกลั่นจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนจบการทดสอบ โดยในการทดสอบแต่ละครั้งใช้เวลารวม 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบซ้ำ โดยการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ จาก 800 W เป็น 1,000 และ 1,200 W ตามลำดับ เปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อบับเบิลที่ใช้ จาก 8 มม เป็น 10 และ 14 มม ตามลำดับ และเปลี่ยนความสูงของท่อบับเบิลจาก 0.5 ม เป็น 0.75 และ 1.0 ม ตามลำดับ ดังนั้นจะมีการทดสอบทั้งหมด 27 กรณี

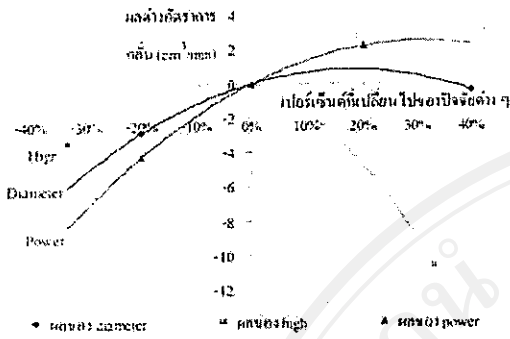
3. ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยวิธี Sensitivity Analysis เพื่อดูผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและอัตราการกลั่นเฉลี่ยที่ได้ในการทดสอบในระยะเวลา 2 ชั่วโมง จะกำหนดให้ผลการทดสอบที่ใช้ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม ความสูง 0.75 ม และใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 W เป็นค่าอ้างอิง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าที่จุดอ้างอิงมีค่าความเข้มข้นและอัตราการกลั่นเฉลี่ยเป็น 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ 18.8 cm³/min ตามลำดับแล้ว นำผลการทดสอบดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับกรณีอื่น ๆ ที่ค่าของปัจจัยต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้มากที่สุด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อบับเบิล รองลงมาคือความสูงของท่อบับเบิล และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ตามลำดับ นั่นคือ ถ้าหากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นจาก 10 มม เป็น 14 มม ค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้จะลดลงเล็กน้อย และอัตราการกลั่นที่ได้ก็ไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก แต่ถ้าหากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลดลงจาก 10 มม เป็น 8 มม ค่าความเข้มข้นที่ได้จะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเพิ่มขึ้นไปจากเดิมถึง 22 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในขณะที่อัตราการกลั่นที่ได้ลดลงจากเดิมเพียง 2.9 cm³/min เท่านั้น สำหรับผลของความสูงของท่อบับเบิลพบว่าเป็นกรณีที่ความสูงของท่อบับเบิลเพิ่มขึ้นจาก 0.75 ม เป็น 1.0 ม ความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้ก็มีค่าสูงเช่นกัน โดยเพิ่มขึ้นไปจากเดิมถึง 26 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่เมื่อพิจารณาอัตราการกลั่นที่ได้พบว่า มีค่าลดลงไปจากเดิมถึง 10.6 cm³/min เหลือเพียง 8.2 cm³/min เท่านั้น ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ความสูงลดลงเป็น 0.5 ม ที่มีค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่อัตราการกลั่นลดลงเพียง 3.4 cm³/min เท่านั้น ส่วนผลของกำลังไฟฟ้าที่ใช้พบว่า มีผลกับค่าความเข้มข้นที่กลั่นได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและอัตราการกลั่นที่ได้แสดงดังในรูป 3 และ รูป 4 ตามลำดับ



รูป 3 ผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้



รูป 4 ผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการกลั่น

ผลจากการวิเคราะห์กลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless analysis) ที่เกี่ยวข้องกับระบบกลั่นที่ทำการศึกษาโดยใช้ "ทฤษฎีของนักกึ่งแฮมพาย" (Buckingham Pi Theorem) เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ พบว่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_f} = f\left(\frac{\dot{m}_f \lambda}{P}, \frac{C}{C_{Initial}}\right) \quad (3)$$

- โดยที่ \dot{m}_d = อัตราการกลั่น (kg/s)
- \dot{m}_f = อัตราการป้อนสารละลาย (kg/s)
- λ = ความร้อนแฝงในการระเหย (kJ/kg)
- P = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)
- C = ความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้ (%v/v)
- $C_{Initial}$ = ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น (%v/v)

ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงในรูป 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่ง

พบว่า $\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_f}$ มีความสัมพันธ์กับ $\frac{\dot{m}_f \lambda}{P}$ เป็นฟังก์ชันเลขชี้กำลัง และมี

ความสัมพันธ์กับ $\frac{C}{C_{Initial}}$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ดังต่อไปนี้

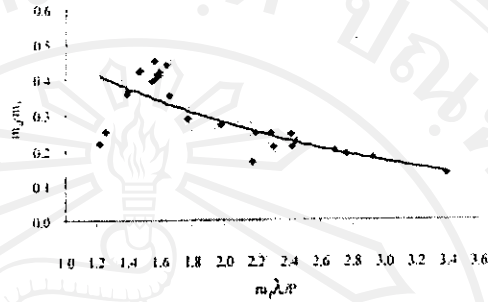
$$\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_f} = 0.7545 e^{[0.0991 (\dot{m}_f \lambda / P)]} \quad (4)$$

และ

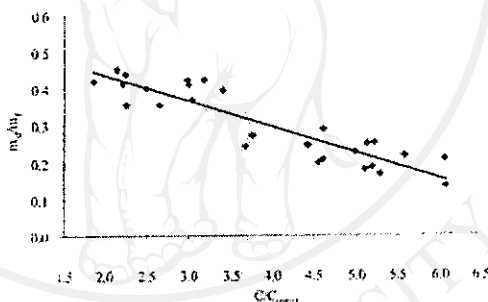
$$\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_f} = 0.5744 - 0.0696 \frac{C}{C_{Initial}} \quad (5)$$

จากการทดสอบทั้งหมด 27 กรณี พบว่ากรณีที่ระบบกลั่นสามารถทำงานได้ดีมีอยู่ด้วยกัน 3 กรณี โดยที่ทั้ง 3 กรณีนั้นเป็นกรณีที่ผู้ใช้ทอัมบ์เบิ้ลปิมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 8 mm ทั้งหมด ได้แก่ กรณีที่ทอัมบ์มีความสูง 0.5 m ใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 W ความ

เข้มข้นเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 61 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีอัตราการกลั่นเท่ากับ 14.5 cm³/min, กรณีที่ทอัมบ์มีความสูง 0.5 m ใช้กำลังไฟฟ้า 800 W ความเข้มข้นเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 61 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีอัตราการกลั่นเท่ากับ 12.0 cm³/min และกรณีที่ทอัมบ์มีความสูง 0.75 m ใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 W ความเข้มข้นเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร อัตราการกลั่นเท่ากับ 15.9 cm³/min



รูป 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_f}$ กับ $\frac{\dot{m}_f \lambda}{P}$ ที่ได้จากการทดสอบ

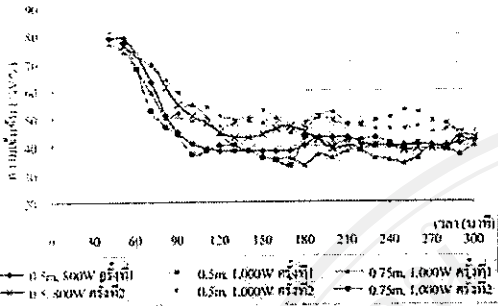


รูป 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_f}$ กับ $\frac{C}{C_{Initial}}$ ที่ได้จากการทดสอบ

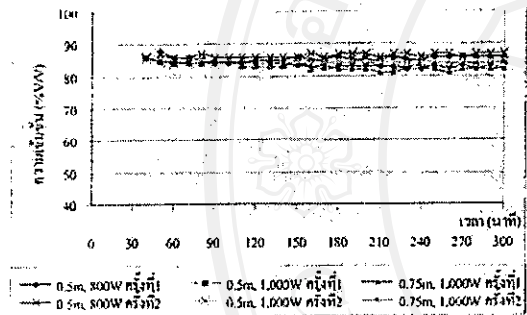
เพื่อให้แน่ใจว่าการกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปิมจะสามารถดำเนินการกลั่นต่อไปได้อย่างต่อเนื่องโดยที่ยังมีความเข้มข้นและอัตราการกลั่นสูงอยู่จึงทำการทดสอบกลั่นเอทานอลต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงโดยดำเนินการกลั่นโดยใช้เงื่อนไขทั้งสามกรณีดังกล่าว ในการทดสอบนั้นจะใช้สารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 10 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรตามลำดับ และในแต่ละกรณีจะทำการทดสอบซ้ำสองครั้ง ซึ่งผลการทดสอบพบว่า กรณีที่กลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ความเข้มข้นที่กลั่นได้ในช่วงแรกจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนเข้าสู่ช่วงที่สองความเข้มข้นที่ได้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ดังแสดงในรูป 7 ส่วนกรณีที่กลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรความเข้มข้นที่กลั่นได้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดสอบดังแสดงในรูป 8 โดยค่าความเข้มข้นและอัตราการกลั่นเฉลี่ยของแต่ละกรณีแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ดัชนีการกลั่นแยกแอมโมเนียโดยใช้เทคนิคบีบเบิ้ลป้อมภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ

เงื่อนไข	C %(v/v)	กลั่นได้ (ลิตร/ปี)	ต้นทุน (บาท/ลิตร)
1. ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 %(v/v)			
d = 8 mm, h = 0.5 m, P = 800 W	46	1,696	5.04
d = 8 mm, h = 0.5 m, P = 1,000 W	52	2,105	4.94
d = 8 mm, h = 0.75 m, P = 1,000 W	44	2,139	4.86
2. ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 %(v/v)			
d = 8 mm, h = 0.5 m, P = 800 W	86	1,804	4.74
d = 8 mm, h = 0.5 m, P = 1,000 W	84	3,322	3.13
d = 8 mm, h = 0.75 m, P = 1,000 W	83	4,049	2.57



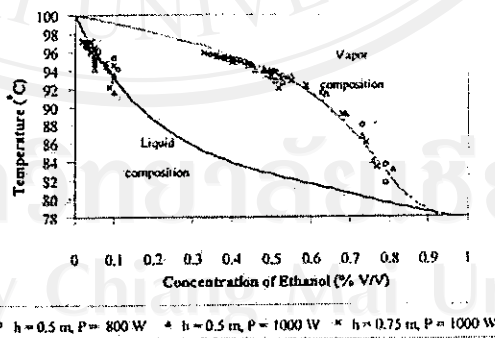
รูป 7 ความเข้มข้นของเอทานอลที่ได้เมื่อกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % (v/v)



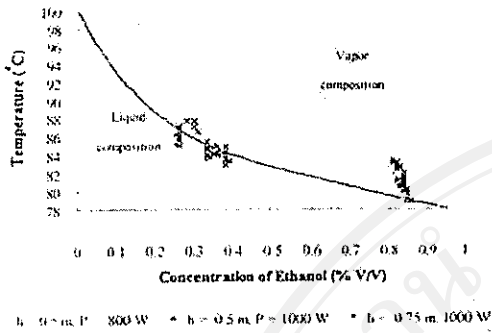
รูป 8 ความเข้มข้นของเอทานอลที่ได้เมื่อกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % (v/v)

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นและอัตราการกลั่นเฉลี่ยเมื่อดำเนินการกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง

เงื่อนไข	ความเข้มข้นเฉลี่ย (% v/v)	อัตราการกลั่นเฉลี่ย (cm ³ /min)
1. ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 %(v/v)		
d = 8mm, h = 0.5 m, P = 800 W	46	10.45
d = 8mm, h = 0.5 m, P = 1,000 W	52	12.95
d = 8mm, h = 0.75 m, P = 1,000 W	44	13.15
2. ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 %(v/v)		
d = 8mm, h = 0.5 m, P = 800 W	86	11.25
d = 8mm, h = 0.5 m, P = 1,000 W	84	20.20
d = 8mm, h = 0.75 m, P = 1,000 W	83	24.65



รูป 9 เปรียบเทียบผลการกลั่นที่ได้กับ Equilibrium chart ของ เอทานอล - น้ำ เมื่อกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 % (v/v)



รูปที่ 10 เปรียบเทียบผลการกลั่นที่ได้กับ Equilibrium chart ของ เอทานอล - น้ำ เมื่อกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 40 % (v/v)

เมื่อเปรียบเทียบผลการกลั่นที่ได้กับ Equilibrium chart ของเอทานอล - น้ำพบว่ามีความใกล้เคียงกันทั้งในการกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูป 9 และ 10 ตามลำดับ

4. สรุปผลการศึกษา

ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นและอัตราการกลั่นมากที่สุด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ ร่องลงมาคือ ความสูงของท่อ และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ตามลำดับ

ระบบกลั่นสามารถทำงานได้ดี เมื่อใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8 มม ที่ความสูงระหว่าง 0.5 - 0.75 m และใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.8 - 1 kW

ค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้เฉลี่ยประมาณ 52 และ 83 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อกลั่นโดยใช้สารละลายที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรตามลำดับ โดยมีต้นทุนการกลั่นอยู่ที่ประมาณ 4.9¢ บาท /ลิตร และ 2.57 บาท/ลิตร

5. เอกสารอ้างอิง

เกษกร ชัยมณีวงษ์, การกลั่นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. เชียงใหม่: วิทยาลัยวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสอนเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2525.

ณัฐ วรยศ และคณะ, การศึกษาความเป็นไปได้ในการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2545.

วิระพงษ์ ว่องวัฒนะไพศาล และคณะ, โครงการ การผลิตเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2546.

พรประสิทธิ์ กงบุญ, การกลั่นเอทานอลด้วยแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบท่อความร้อน. เชียงใหม่: วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546.

วิชาญ ก่องดาวงษ์, การกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. เชียงใหม่: วิทยาลัยวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสอนฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2526.

วิชัย อรานนท์, การศึกษาการกลั่น 96% เอทิลแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวและวัสดุอื่น ๆ ในท้องถิ่น. เชียงใหม่: วิทยาลัยวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2520.

P. Namprakai, J. Hirunlabh and T. Kiatsiriroat. Ethyl Alcohol Distillation in a Basin Solar Still. Renewable Energy Vol.11, No.2, pp 169 - 175, Elsevier Science Ltd., 1997.

P.Srikirin. A Study of a Diffusion Absorption Refrigerator. Ph.D. Dissertation, Sirinthorn International Institute of Technology, Thailand, 2002.

S.Toure, H.Salami and P.Meukam. Theoretical and Experimental Studies of a Solar Still Type Suitable for Alcoholic Distillation. Renewable Energy. Vol.16, pp 739 - 742, Elsevier Science Ltd., 1999.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายจำปา สอนเผือก

วัน เดือน ปี เกิด 15 มกราคม 2522

ประวัติการศึกษา
 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนคำเดยวิทยา
 ยโสธร ปีการศึกษา 2536
 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเลิงนกทา
 ยโสธร ปีการศึกษา 2539
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2)
 สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ (พลังงาน) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 ปีการศึกษา 2543

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved